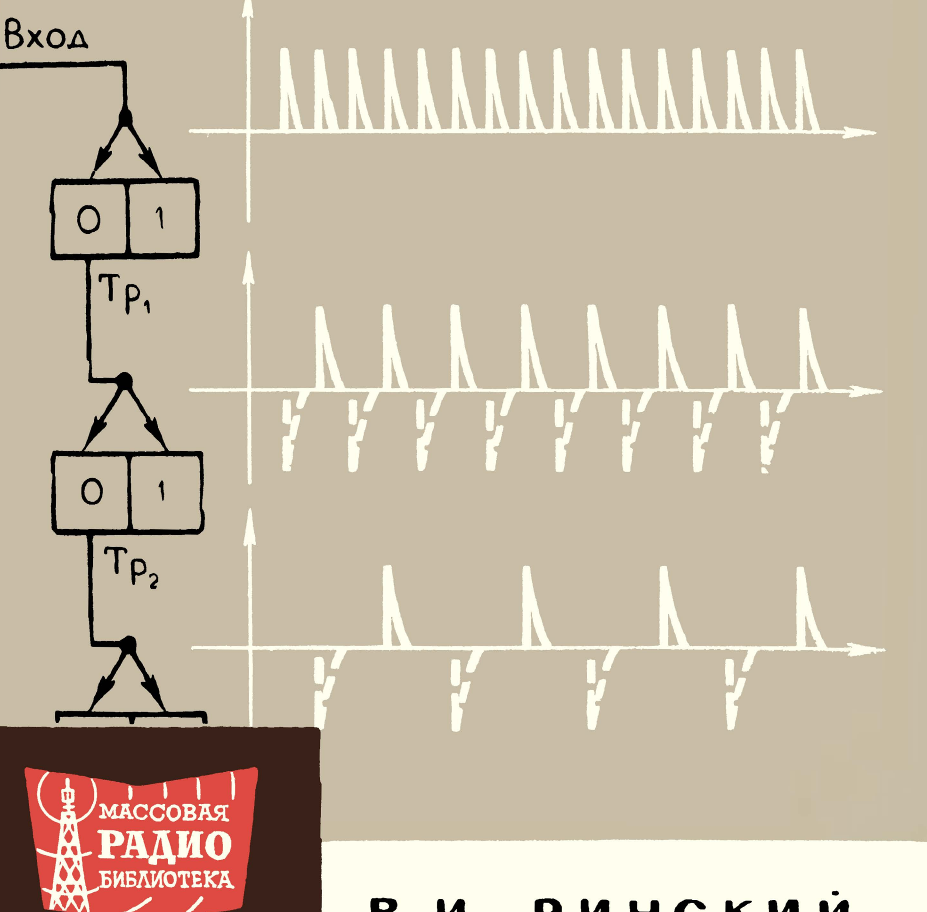


В. И. РИНСКИЙ

ЭКОНОМИЧНЫЕ СЧЕТЧИКИ ИМПУЛЬСОВ

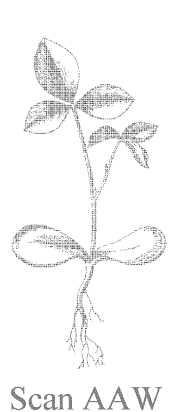
·ЭНЕРГИЯ·

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 670

В. И. РИНСКИЙ

ЭКОНОМИЧНЫЕ СЧЕТЧИКИ ИМПУЛЬСОВ





«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1968

УДК 621.374.32

В. И. Ринский

Р 49 Экономичные счетчики импульсов, М., «Энергия», 1968.

40 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека Вып. 670.)

Брошюра содержит подробные описания схем, принципа действия, конструкций и методики налаживания электронных счетчиков импульсов на транзисторах и приборах тлеющего разряда. Высокая экономичность и малые габариты позволяют питать эти счетчики от химических источников тока и использовать их в переносных конструкциях. Описываемые конструкции могут быть выполнены как с помощью соединительных проводников, так и методом печатного монтажа. Описываются также некоторые приборы для налаживания счетчиков импульсов.

Брошюра предназначена для радиолюбителей-конструкторов.

3-4-5 / 350-68 6П2.154

Ринский Владимир Исаакович

Экономичные счетчики импульсов

Редактор *Р. Р. Васильев* Техн. редактор *Т. Н. Царева*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*
Корректор *И. А. Володяева*

Сдано в набор 27/XI 1967 г. Подписано к печати 26/II 1968 г. Т-0026
Формат 84×108[1]/[32] Бумага типографская мелованная
Усл. печ. л. 2,1 Уч.-изд. л. 2,84
Тираж 30 000 экз. Цена 13 коп. Зак. 645
Издательство „Энергия". Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Электронные счетчики импульсов нашли широкое применение в промышленной и радиолюбительской аппаратуре. С помощью счетчиков импульсов измеряются ионизирующие излучения, осуществляется счет электрических явлений: включений, выключений, замыканий, перенапряжений и др., а также счет деталей или других объектов в промышленности. Помимо самостоятельного применения, электронные счетчики являются составными частями частотомеров, вычислительных устройств и измерителей временных интервалов. Счетчики могут работать в качестве делителей частоты, используемых в генераторах импульсов, калибраторах, электронных программных устройствах, электромузыкальных инструментах и других приборах. В измерительной технике часто прибегают к преобразованию измеряемой величины в пропорциональное ей число импульсов и их последующему счету в приборах с цифровым отсчетом.

Таким образом, область применения электронных счетчиков импульсов достаточно обширна и является перспективной для деятельности радиолюбителей-конструкторов.

К числу важнейших параметров счетчиков импульсов относится их экономичность, приобретающая особое значение при конструировании переносных приборов с батарейным питанием Выбор схемы и практически выполнение конструкции таких счетчиков требуют значительного объема предварительных работ, а иногда и макетных испытаний ряда схемных вариантов. Естественно поэтому стремление конструктора почерпнуть из литературы сведения о разработанных схемах или хотя бы отправные данные для их конструирования.

Настоящая брошюра содержит подробные описания принципа действия, конструктивных особенностей и методики налаживания построенных автором счетчиков импульсов на транзисторах и приборах тлеющего разряда. Благодаря высокой экономичности, сочетающейся с малыми габаритами и весом, эти устройства могут питаться от химических источников тока и применяться в переносной аппаратуре. В дополнение к основному содержанию брошюры описываются некоторые приборы для налаживания и испытания счетчиков импульсов.

Публикуемый в порядке обмена радиолюбительским опытом материал должен облегчить радиолюбителю-конструктору самостоятельное изготовление экономичных счетчиков электрических импульсов и их применение в различной аппаратуре.

Для более глубокого изучения рассматриваемых вопросов рекомендуется литература, список которой приведен в конце брошюры.

Глава первая

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИМПУЛЬСЫ И ИХ СЧЕТ

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСАХ

Импульсная техника, возникшая в результате развития радиолокации и телевидения, нашла затем применение в ядерной физике, электронно-вычислительной технике, автоматике и телемеханике и в настоящее время является одной из ведущих отраслей радиоэлектроники. К числу задач импульсной техники относятся генерирование, преобразование, усиление, передача и использование электрических импульсов.

Электрическим импульсом называется кратковременное отклонение напряжения или тока от постоянной величины, например от нуля.

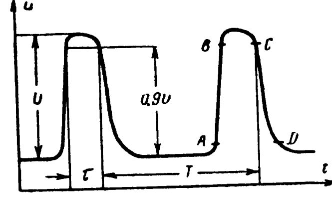


Рис. 1. Периодические импульсы и их параметры.

Различают видео- и радиоимпульсы. Видеоимпульс — это импульс постоянного напряжения или тока. В зависимости от направления тока различают импульсы положительной или отрицательной полярности. Радиоимпульс — это кратковременная последовательность (пакет) высокочастотных колебаний. В дальнейшем будут рассматриваться только видеоимпульсы, для краткости называемые просто импульсами.

Импульсы могут быть периодическими, непериодическими и одиночными. Они характеризуются следующими параметрами: амплитудой, длительностью, периодом повторения, скважностью и др.

На рис. 1 изображены периодические импульсы напряжения и указаны их параметры.

Амплитудой импульса U называется наибольшее отклонение напряжения от постоянного уровня. Длительность импульса τ условно определяется как время, в течение которого напряжение превышает $0,9U$. Для периодических импульсов время, отсчитанное между соответствующими точками двух соседних импульсов, называется периодом повторения T. Величина, обратная периоду, называется частотой повторения f. Отношение периода повторения к длительности импульса называется скважностью импульсов.

Временно́е течение импульса состоит из трех стадий: нарастание напряжения, которому на рис. 1 соответствует фронт импульса AB (время, в течение которого амплитуда импульса изменяется от $0,1U$ до $0,9U$), незначительное изменение напряжения — вершина импульса BC и убывание напряжения — спад импульса CD (время изменения амплитуды импульса от $0,9U$ до $0,1U$). Соотношение длительностей фронта, вершины и спада определяет форму импульса. Различают прямоугольные, остроконечные, трапециевидные и другие импульсы.

В качестве источников импульсов применяются импульсные генераторы, например мультивибраторы, или блокинг-генераторы. Импульсы могут также вырабатываться некоторыми датчиками —

устройствами, в которых неэлектрические величины превращаются в электрические (фотоэлементы, счетчики ядерного излучения и др.).

Для изменения параметров импульсов их подвергают преобразованиям, в частности усилению, ограничению, дифференцированию, интегрированию и временной задержке.

2. ПРИМЕНЕНИЕ СЧЕТЧИКОВ ИМПУЛЬСОВ

Одной из задач импульсной техники является счет импульсов, возникающих в том или ином устройстве или физическом объекте. Например, в производственных условиях определение количества изделий на конвейере, числа оборотов вращающихся деталей, пусков и остановок механизмов производится путем счета соответствующих этим явлениям электрических импульсов.

В технике связи счет импульсов осуществляется для учета количества телефонных разговоров, числа включений аппаратуры, для определения скорости телеграфирования и т. д.

Некоторые явления в линиях электропередач (замыкания, перенапряжения, обрывы, попадания молний) сопровождаются возникновением электрических импульсов, которые могут регистрироваться и подсчитываться.

Исключительно важен счет импульсов в ядерной физике и технике, где исследование и использование радиоактивного распада требуют измерения интенсивности ядерных излучений. Эти измерения производятся посредством счета импульсов, соответствующих квантам излучения или элементарным частицам. В электронных цифровых вычислительных машинах арифметические действия с числами сводятся к представлению их в виде импульсов и последующим операциям с этими импульсами. В арифметическом и запоминающем устройствах машины содержатся узлы (счетчики, регистры и др.), действие которых также основано на счете импульсов. Так, например, с помощью счетчиков импульсов осуществляется перевод чисел из десятичной системы счисления в двоичную и наоборот и некоторые другие операции.

Счет импульсов применяется также для измерения параметров электрических сигналов: частоты и периода колебаний, длительности и скважности импульсов. При изменениях напряжения, тока, сопротивления, емкости эти величины могут быть преобразованы в импульсы, число которых соответствует измеряемой величине, так что процесс измерения сводится к счету импульсов. Возможно также измерение неэлектрических величин, например времени, силы, температуры, путем подсчета пропорционального им числа импульсов, вырабатываемых соответствующими датчиками.

Счетчики импульсов могут использоваться в телеметрической аппаратуре, в медицинских приборах, в электронных обучающих устройствах.

По-видимому, возможности применения счетчиков импульсов в приборах для различных отраслей народного хозяйства далеко не исчерпаны, и в этом направлении может развиваться творческая инициатива радиолюбителей-конструкторов.

3. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СЧЕТЧИКОВ ИМПУЛЬСОВ

Счетчик импульсов должен выполнять следующие функции: 1) счет поступающих импульсов в определенной системе счисления (преимущественно двоичной или десятичной); 2) индикацию числа зарегистрированных импульсов; 3) хранение

этого числа и 4) сброс показаний на нуль и подготовку к новому измерению.

Счет импульсов может производиться в различных системах счисления. Система счисления характеризуется ее основанием — числом используемых в ней цифр. В десятичной системе десять цифр: 0, 1, ..., 9, в двоичной — всего две цифры: 0 и 1. Любое десятичное число N можно перевести в двоичную систему, представив его в виде многочлена:

$$N=k_n \cdot 2^n+k_{n-1} \cdot 2^{n-1}+ \ldots +k_1 \cdot 2^1+k_0 \cdot 2^0,$$

члены которого соответствуют разрядам двоичного числа, а коэффициенты k_n, ..., k_0 равны 0 или 1. Например, десятичное число 19 представляется:

$$19=1 \cdot 2^4+0 \cdot 2^3+0 \cdot 2^2+1 \cdot 2^1+1 \cdot 2^0.$$

В записи изображаются только коэффициенты многочлена, т. е. 19 записывается в двоичной системе в виде 10011.

Перевод двоичного числа в десятичную систему осуществляется путем суммирования значений двоичных разрядов. Например, двоичному числу 10100 соответствует десятичное число

$$1 \cdot 2^4+0 \cdot 2^3+1 \cdot 2^2+0 \cdot 2^1+0 \cdot 2^0=16+4=20.$$

В табл. 1 дается перевод первых 16 чисел.

На рис. 2 изображена блок-схема двоичного счетчика, представляющего собой цепочку последовательно соединенных триггеров $Тр_1$—$Тр_4$ — схем с двумя устойчивыми состояниями. Эти состояния, регистрируемые индикаторами, обозначаются 0 или 1, что соответствует цифрам двоичной системы счисления. Конкретные схемы триггеров рассмотрены в последующих главах, здесь отметим лишь, что при поступлении на вход триггера серии импульсов одной полярности (например, положительных) каждый из них изменяет состояние триггера на противоположное, а на выходе его можно получить импульсы чередующейся полярности. С помощью так называемых цепей запуска обеспечивается чувствительность триггера к импульсам только одной полярности, благодаря чему состояние последующего триггера изменяется лишь после поступления на вход предыдущего двух импульсов, т. е., например, после возвращения предыдущего триггера на 0.

Следовательно, триггер уменьшает число импульсов одной полярности в 2 раза.

Перед началом счета все триггеры $Тр_1$—$Тр_4$ устанавливаются

Таблица 1

Десятичная система	1	2	3	4	5	6	7	8
Двоичная система	00001	00010	00011	00100	00101	00110	00111	01000
Десятичная система	9	10	11	12	13	14	15	16
Двоичная система	01001	01010	01011	01100	01101	01110	01111	10000

в состояние 0 (сбрасываются на нуль), и индикаторы показывают двоичное число 0000. Первый импульс, поступивший на вход $Тр_1$, изменяет его состояние на 1 (показания индикатора становятся равными 0001). Второй импульс возвращает на 0 $Тр_1$, причем импульс с его выхода поступает на вход $Тр_2$ и изменяет его состояние на 1 (показания 0010). Третий импульс изменяет состояние $Тр_1$ (показа-

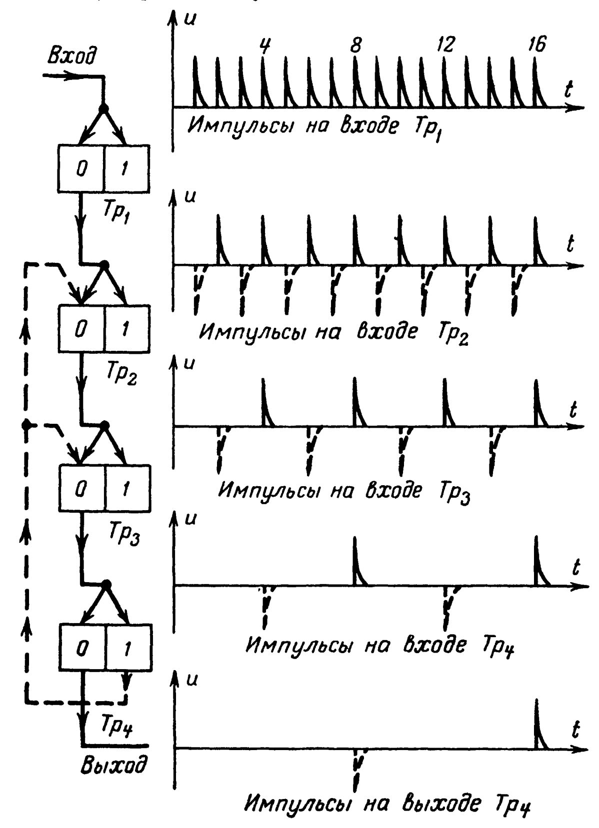


Рис. 2. Блок-схема счетчика импульсов.

ния 0011). Четвертый импульс возвращает $Тр_1$ на 0, после чего $Тр_2$ также возвращается на 0, вследствие чего изменяется состояние $Тр_3$ (показания 0100) и т. д. Таким образом, индикаторы показывают число сосчитанных импульсов в двоичной системе счисления (см. табл. 1).

Аналогичные процессы происходят в схеме счетчика и при счете следующих импульсов, вплоть до пятнадцатого (показания 1111), который исчерпывает емкость счетчика. Шестнадцатый импульс возвращает все триггеры на 0.

При необходимости считать большее количество импульсов число триггеров должно быть соответственно увеличено. Например,

для счета 1 000 импульсов счетчик должен иметь не менее 10 триггеров (так как $2^{10}=1\,024$). В случае многоразрядного двоичного счетчика перевод его показаний в десятичную систему счисления затруднителен, и, чтобы избежать его, применяют так называемые двоично-десятичные пересчетные схемы (декады). Такая схема отличается от двоичного счетчика наличием цепи обратной связи (штриховые линии на рис. 2). Импульсы до седьмого (0111) включительно регистрируются схемой, как описано выше. Восьмой импульс изменяет состояния всех триггеров (1000), но после этого импульс обратной связи с выхода $Тр_4$ поступает на входы $Тр_2$ и $Тр_3$ и еще раз изменяет их состояния (1110). Девятый импульс изменяет состояние $Тр_1$ (1111), а десятый сбрасывает все триггеры на нуль (0000) Получающиеся при счете показания индикаторов (1110) и (1111) могут быть приведены в соответствие с числами импульсов (8 и 9), если значение 4-го разряда показаний индикаторов условно полагать равным 2 (а не 8, как в двоичной системе). Соответственно принимаемым значениям разрядов такая система называется двоично-кодированной: 2-4-2-1

Счет до 10 производится в этой системе цепочкой из четырех триггеров, до 100 — из восьми, до 1 000 — из двенадцати триггеров и т. д. Несмотря на явно меньшую (ввиду увеличения числа триггеров) по сравнению с двоичными счетчиками экономичность декад, им нередко отдают предпочтение благодаря простоте отсчета показаний, поскольку каждый разряд десятичного числа находится суммированием не более четырех однозначных чисел.

Существенными недостатками электронных счетчиков являются ограниченная емкость (за исключением счетчиков на ферритовых сердечниках) и разрушение накопленной в них информации при отключении источника питания. Поэтому в практических схемах к выходу электронного счетчика часто присоединяется электромеханический, что увеличивает общую емкость счетчика. При этом быстродействие устройства определяется электронным счетчиком, а в случае отключения питания старшие разряды зарегистрированного числа (т. е. наиболее ценная часть информации) сохраняются в электромеханическом счетчике.

В ряде случаев практическое осуществление конструктивных идей, основанных на счете импульсов, затрудняется отсутствием схем и описаний экономичных счетчиков. Особенно остро этот вопрос стоит при разработке малогабаритных переносных устройств с автономным питанием, так как допустимый расход электроэнергии лимитируется габаритами и весом их источников тока. В следующих главах приводятся описания нескольких конструкций счетчиков, в которых достигнута удовлетворительная экономичность при сохранении достаточно высоких электрических характеристик.

Глава вторая

ТРАНЗИСТОРНЫЕ СЧЕТЧИКИ ИМПУЛЬСОВ

4. ТРАНЗИСТОРНЫЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ СЧЕТЧИКОМ

Технические данные

Максимальная скорость счета 4 *имп/сек.*

Запуск отрицательными импульсами с амплитудой $\geqslant$ 3 *в.*

Напряжение питания 4,5 *в*.

Потребляемая мощность: в ждущем режиме 10 *мвт*; при максимальной скорости счета 140 *мвт*.

Формирователь предназначен для нормализации по амплитуде и длительности импульсов, приводящих в действие электромеханический счетчик.

Схема. При разомкнутом выключателе $Вк_1$ схема (рис. 3) представляет собой ждущий мультивибратор на транзисторах T_1 и T_2. В отсутствие пусковых импульсов отрицательное смещение, поступающее через резистор R_3, открывает транзистор T_1 и напряжение на его коллекторе и соединенной с ним базе транзистора T_2 относительно эмиттера близко к нулю, благодаря чему T_2 заперт, а конденсатор C_1 заряжен почти до напряжения источника питания, причем плюс (левая обкладка C_1) приложен к базе T_1.

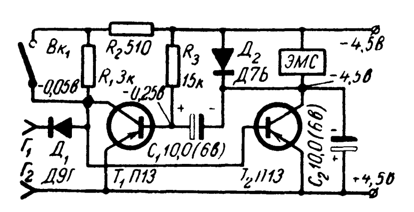


Рис. 3. Транзисторный формирователь импульсов.

Отрицательный пусковой импульс, приходящий со входа формирователя черед диод $Д_1$ на базу T_2, открывает его, и напряжение конденсатора C_1 распределяется между малым сопротивлением участка коллектор — эмиттер T_2 и большим обратным сопротивлением участка база — эмиттер T_1, который вследствие этого запирается. Отрицательное напряжение на коллекторе T_1 и базе T_2 увеличивается, что способствует насыщению T_2. Такое состояние схемы сохраняется вплоть до окончания разряда C_1 через R_3 и $Д_2$. В течение этого времени (приблизительно 0,15 *сек*) T_2 открыт, и его ток, проходя по обмотке электромеханического счетчика *ЭМС*, вызывает его срабатывание. После разряда C_1 восстанавливается исходное состояние формирователя и схема готова к регистрации следующего импульса. Диод $Д_2$ и конденсатор C_2 защищают транзистор T_2 от пробоя напряжением самоиндукции, возникающим на концах обмотки электромеханического счетчика в момент запирания T_2.

При замыкании $Вк_1$ уменьшается величина коллекторной нагрузки T_1 и схема переходит в режим генерирования периодических колебаний с частотой 3 *гц*. Этот режим используется для проверки формирователя.

Детали. В формирователе применен четырехразрядный электромеханический счетчик с сопротивлением обмотки постоянному току 100 *ом*, резисторы типа УЛМ, конденсаторы типа ЭМ. Коэффициент усиления транзисторов $B = 40 \div 50$. Возможно применение транзисторов других типов.

Налаживаиие формирователя заключается в установке напряжений на транзистора T_1 путем подбора сопротивлений резисторов R_1 и R_3. Быстродействие схемы можно несколько повысить, отрегулировав натяжение возвратной пружины *ЭМС* и уменьшив емкость конденсатора C_1 до 5 *мкф*.

Помимо самостоятельного применения, эта схема может использоваться в сочетании с электронным счетчиком, уменьшающим во время счета частоту повторения импульсов до 4—5 *гц*.

5. ТРАНЗИСТОРНЫЙ СЧЕТЧИК ИМПУЛЬСОВ

Технические данные

Емкость счетчика 640 000 импульсов.

Максимальная скорость счета 250 *имп/сек.*

Коэффициент пересчета 64.

Запуск положительными импульсами с амплитудой 2—4 *в* и длительностью $\geqslant$ 3 *мксек.*

Сброс показаний пересчетной схемы ручной или отрицательным импульсом с амплитудой 2—4 *в* и длительностью $\geqslant$ 5 *мксек.*

Контроль работоспособности — с помощью внутреннего генератора.

Допустимая температура окружающей среды от —10 до +40° С.

Питание от внутренней батареи с напряжением 4,5 *в.*

Потребляемая мощность не более 0,9 *вт.*

Размеры 190×155×50 *мм.*

Вес с питанием 820 *г.*

Схема. Прибор состоит из шестиразрядной двоичной пересчетной схемы и четырехразрядного десятичного электромеханического счетчика, благодаря чему общая емкость счетчика равна:

$$2^6 \cdot 10^4 = 64 \cdot 10\,000 = 640\,000 \text{ импульсов.}$$

Пересчетная схема содержит шесть одинаковых счетных ячеек, две из которых (*1* и *6*) показаны на рис. 4, а остальные опущены Счетная ячейка *1* представляет собой насыщенный триггер на транзисторах T_3 и T_4 и индикатор его состояний на транзисторах T_5, T_6 Триггер может находиться в одном из двух состояний: 0, при котором T_3 открыт, а T_4 заперт, или 1, при котором T_3 заперт, а T_4 открыт. Эти состояния устойчивы, так как через резисторы R_9, R_{10} осуществляется положительная обратная связь между T_3 и T_4, обеспечивающая сохранение установившегося состояния

Перед началом счета триггеры всех ячеек устанавливаются в состояние 0 с помощью отрицательного импульса, подаваемого на гнездо $Г_3$, или кратковременным замыканием выключателей $Вк_1$. При этом на базу T_3 через цепочку $R_6Д_1$ кратковременно поступает отрицательное напряжение, которое открывает T_3, и напряжение на его коллекторе и связанной с ним базе T_4 приближается к нулю, так что T_4 запирается. Отрицательное напряжение на коллекторе T_4 и связанной с ним базе T_3 увеличивается, что вызывает возрастание тока T_3 вплоть до его насыщения. Таким образом, для насыщения T_3 и запирания T_4 достаточно кратковременного воздействия отрицательного напряжения на базу T_3, после чего состояние 0 сохраняется благодаря положительным связям между транзисторами Отрицательное напряжение с коллектора T_4 через резистор R_{13} приложено ко входу двухкаскадного усилителя постоянного тока на транзисторах T_5, T_6, в котором T_5 открывается, а T_6 запирается, и индикаторная лампа накаливания $Л_1$ гаснет, что соответствует состоянию 0 ячейки *1.* Аналогичные процессы происходят при установке (сбросе) на нуль и в остальных ячейках. Величины напряжений, поступающих на диоды $Д_2$, $Д_3$ с коллекторов T_3, T_4, неодинаковы, поэтому в состоянии 0 диод $Д_2$ открыт, а $Д_3$ заперт, что соответствует проводимости транзисторов T_3, T_4. Указанная на схеме полярность включения диодов $Д_2$, $Д_3$ обеспечивает чувствительность триггера только к положительным импульсам,

Подлежащие счету положительные импульсы с входных гнезд $Г_1Г_2$ через переключатели $П_{1б}$ и $П_2$ поступают на конденсаторы C_3, C_4, и первый импульс через C_3 и открытый диод $Д_2$ проходит на базу T_3 и запирает его, вследствие чего T_4 насыщается, и триггер

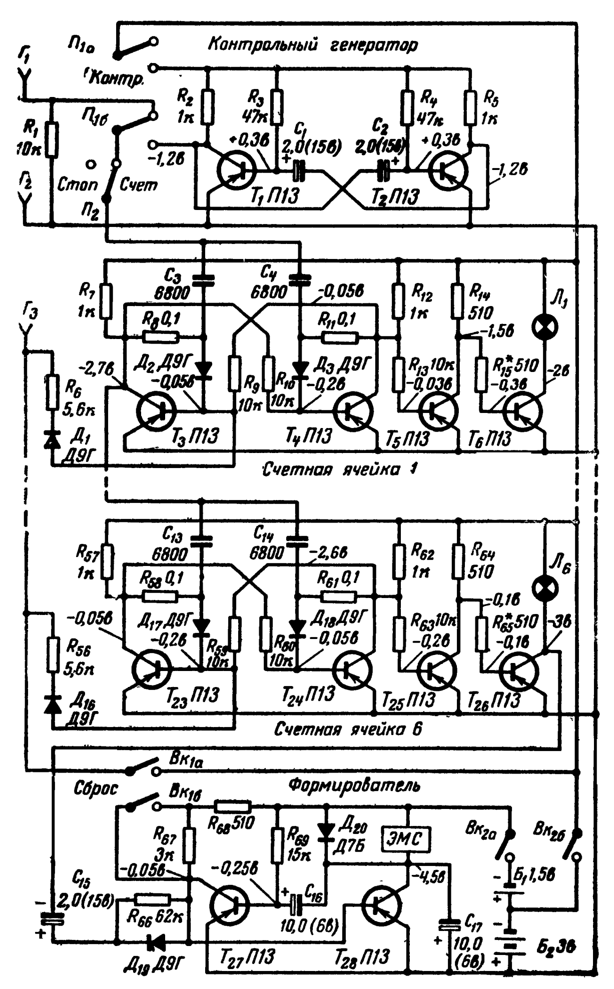


Рис. 4. Транзисторный счетчик импульсов.

переходит в состояние 1, причем открывается диод $Д_3$ и запирается $Д_2$. Одновременно с насыщением T_4 запирается T_5 и открывается T_6, ток которого вызывает свечение индикаторной лампы $Л_1$. В момент запирания T_3 увеличивается отрицательное напряжение на его коллекторе и на ячейку *2* поступает отрицательный импульс, который, однако, не выводит ее из состояния 0, так как она реаги-

рует только на положительные импульсы. Второй поступивший на входные гнезда положительный импульс проходит через C_4 и открытый диод $Д_3$ и запирает T_4, причем открывается T_3 и ячейка *1* возвращается в состояние 0. В момент открывания T_3 напряжение на его коллекторе приближается к нулю, и положительный импульс, поступающий на левый транзистор ячейки *2*, переводит ее в состояние 1. Третий входной импульс вновь устанавливает ячейку *1* в состояние 1 и т. д.

Таким образом, происходит счет импульсов в двоичной системе счисления вплоть до прихода 63-го импульса, после которого все ячейки находятся в состоянии 1. 64-й импульс сбрасывает все ячейки на нуль, индикаторные лампы $Л_1$—$Л_6$ гаснут, и возникающий на коллекторе T_{26} отрицательный импульс, пройдя через цепочку $C_{15}Д_{19}R_{65}$, запускает формирователь на транзисторах $T_{27}T_{28}$, устройство и принцип действия которого описаны выше. Показания электромеханического счетчика *ЭМС* увеличиваются на единицу, что соответствует 64 входным импульсам, после чего возобновляется работа пересчетной схемы, сопровождающаяся после каждых 64 импульсов срабатыванием *ЭМС*.

Остановка счета наступает при прекращении поступления входных импульсов или при разрыве входной цепи переключателем $П_2$. Поскольку значения показаний индикаторов двоичных ячеек *1*, *2*, ..., *6* равны соответственно 1, 2, ..., 32, то число зарегистрированных импульсов равняется сумме показаний индикаторов плюс показания *ЭМС*, умноженные на 64. Например, если показания *ЭМС* увеличились на 15 и горят индикаторы ячеек *1*, *4* и *5*, то число импульсов равно 985, так как $1+8+16+15\cdot64=985$.

Для проверки работоспособности счетчика служит контрольный генератор, представляющий собой мультивибратор на транзисторах T_1, T_2, прямоугольные импульсы которого при переводе переключателя $П_1$ в нижнее положение подаются на вход ячейки *1*. Частота повторения импульсов мультивибратора выбрана равной 6,4 *гц*, благодаря чему срабатывание *ЭМС* происходит через каждые 10 *сек*, что наряду с периодическим зажиганием индикаторных ламп свидетельствует об исправности прибора. Питающие напряжения —3 *в* и —4,5 *в* поступают на схему от батарей $Б_1$, $Б_2$ через сдвоенный выключатель $Вк_2$. Возможно питание от внешнего источника тока.

Детали. В приборе применены транзисторы типа П13 с коэффициентами усиления $B=20\div30$ в триггерах и мультивибраторе и $B=40\div50$ в усилителях и формирователе. Лампы $Л_1$—$Л_6$ типа ЛЭ 1 *в*$\times$0,075 *а* или ЛЭ 2,5 *в*$\times$0,075 *а*; возможно использование миниатюрных лампочек Э34 от медицинских приборов. *ЭМС* — четырехразрядный телефонный счетчик с сопротивлением обмотки 100 *ом*. Конденсаторы типов КДС и ЭМ, резисторы — УЛМ или TESLA с допустимой мощностью 0,05 *вт*. Переключатели $П_1$, $П_2$, $Вк_1$ и $Вк_2$ типа ТП1-2, вместо $Вк_1$ можно применить кнопку. Батареи $Б_1$ и $Б_2$ содержат соответственно один и два элемента от батареи КБС-Л-0,5.

Конструкция и монтаж. Монтаж счетчика (рис. 5) выполнен на гетинаксовой плате размерами 180$\times$145$\times$3 *мм*, на верхней стороне которой расположены *ЭМС*, транзисторы и все мелкие детали, а на нижней — соединительные проводники. Батарея размещается в отсеке, образованном монтажной платой и двумя гетинаксовыми пластинами 180$\times$20$\times$3 *мм* и 180$\times$45$\times$3 *мм*, на большей из которых укреплены переключатели и гнезда. Выводы деталей пропущены сквозь отверстия в плате и соединяются между собой голыми непе-

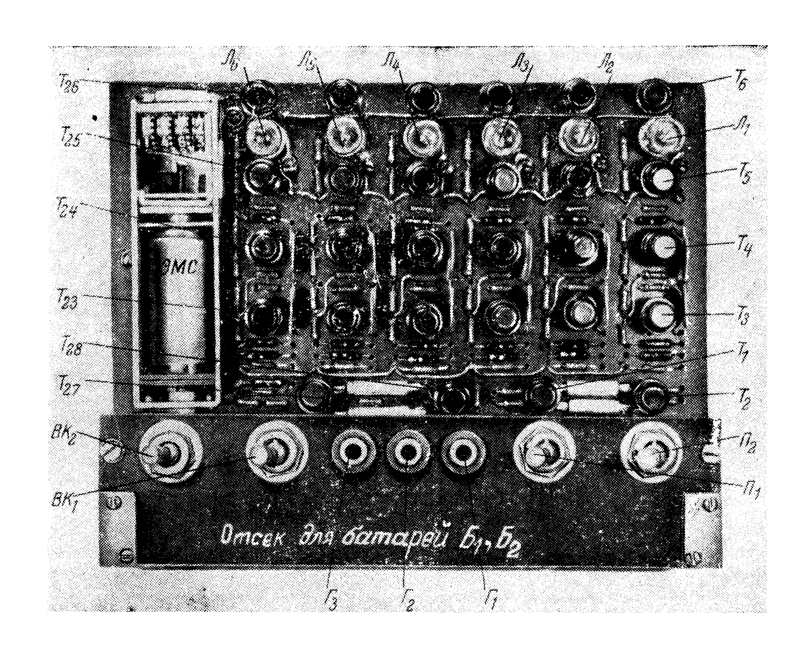


Рис. 5. Монтаж транзисторного счетчика.

ресекающимися проводниками, что делает возможным применение печатного монтажа. Монтажная схема ячейки *1* приведена на рис. 6, где соединительные проводники на верхней стороне платы показаны сплошными, а на нижней — штриховыми линиями. Остальные ячейки смонтированы аналогично. Прибор заключен в пластмассовый корпус, через отверстия в крышке которого проходят ручки переключателей и однополюсные вилки, присоединяемые к гнездам (рис. 7).

Налаживание счетчика начинают с измерения режимов транзисторов, которые для состояния 1 указаны на схеме ячейки *1*, а для состояния 0 — на схеме ячейки *6* (см. рис. 4). В случае необходимости регулировку режимов производят изменением величин резисторов в цепях баз транзисторов. Затем следует проверить работу счетчика от внутреннего генератора, наблюдая за свечением индикаторных ламп и срабатыванием *ЭМС*. После этого подбирают резисторы R_3, R_4 так, чтобы частота контрольного генератора равнялась 6,4 *гц* (срабатывание *ЭМС* через каждые 10 *сек*). Наконец, подбором резисторов в цепях баз выходных транзисторов усилителей постоянного тока добиваются одинаковой яркости свечения ламп $Л_1$—$Л_6$. При этом ток коллектора открытого транзистора не должен превышать 50—60 *ма*, чтобы мощность, рассеиваемая на транзисторе, не превышала допустимой (150 *мвт* для П13).

Для нормальной работы счетчика выходное сопротивление источника импульсов должно быть малым (1 *ком*). Если это условие не выполняется, желательно включить между источником импульсов и счетчиком эмиттерный повторитель, который может питаться от батарей счетчика.

Эксплуатация счетчика. Включив счетчик, замыкают $Вк_1$, при этом индикаторные лампы гаснут, формирователь переходит в режим самовозбуждения, *ЭМС* начинает вращаться. Достигнув удобного для начала отсчета показания *ЭМС* (например, 1 400, 2 600

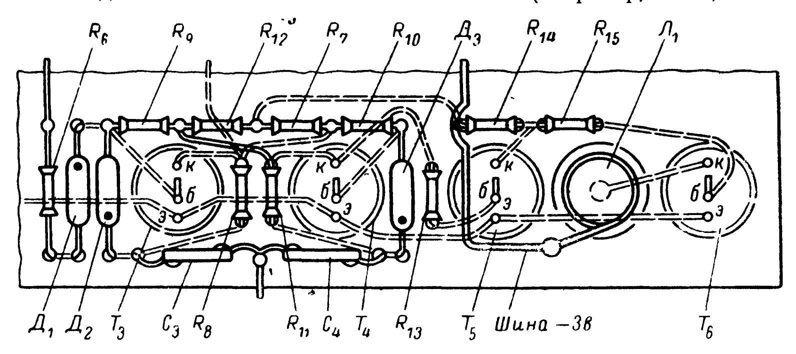


Рис. 6. Монтажная схема ячейки транзисторного счетчика.

и т. п.), размыкают $Вк_1$ и присоединяют к гнездам $Г_1$—$Г_2$ источник подлежащих счету импульсов. Начало и прекращение счета осуществляется переключателем $П_2$.

Усовершенствование счетчика с целью повышения его быстро-

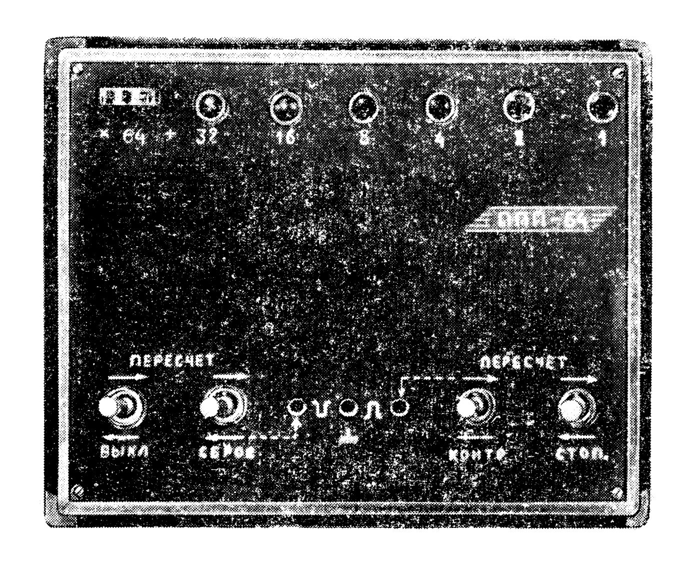


Рис. 7. Внешний вид транзисторного счетчика.

действия возможно путем увеличения числа счетных ячеек и добавления в первых ячейках конденсаторов порядка 500 *пф* параллельно резисторам R_9, R_{10}. Более простое решение заключается в применении быстродействующего *ЭМС* (например, типа СБ-1м/50).

6. ЭКОНОМИЧНАЯ ТРАНЗИСТОРНАЯ ПЕРЕСЧЕТНАЯ ДЕКАДА

Технические данные

Коэффициент пересчета 10 (двоично-кодированная система *2—4—2—1*) или 16 устанавливается переключателем.

Максимальная скорость счета 5 000 *имп/сек*.

Запуск положительными импульсами с амплитудой 0,5—2 *в* и длительностью $\geqslant$ 10 *мксек*.

Возможно получение выходного сигнала после набора заданного числа импульсов, которое устанавливается с помощью кнопок.

Сброс показаний нажатием кнопки или отрицательным импульсом с амплитудой 0,5—2 *в* и длительностью $\geqslant$ 10 *мксек*.

Допустимая температура окружающей среды от —10 до +40° С.

Питание от источника с напряжением 2,4±0,6 *в*.

Средняя потребляемая мощность 35 *мвт*.

Размеры 180×135×15 *мм*.

Вес 140 *г*.

Схема. Декада состоит из идентичных ячеек *1—4* (рис. 8), в которых применены одинаковые детали и полупроводниковые приборы. Каждая ячейка содержит насыщенный триггер на транзисторах T_1, T_2 и управляемый блокинг-генератор на транзисторе T_3, нагрузкой которого является индикаторная неоновая лампа $Л_1$.

Схемы триггеров и цепей их запуска аналогичны описанным ранее; отличие заключается, главным образом, в добавлении конденсаторов C_2, C_3 для увеличения быстродействия триггера и диода $Д_3$ для поглощения отрицательных импульсов, поступающих на его вход. Перед началом счета все ячейки декады устанавливаются на нуль кратковременным нажатием кнопки $Кн_5$ или подачей отрицательного импульса на шину *Сброс*. После этого транзистор T_1 заперт, а T_2 насыщен, и напряжение на его коллекторе и соединенной с ним через резистор R_{11} базе T_3 близко к нулю, вследствие чего колебания блокинг-генератора отсутствуют и индикаторная лампа $Л_1$ не горит. Одновременно гаснут индикаторы других ячеек.

Приходящий на вход декады положительный импульс переводит ячейку *1* в состояние 1, причем T_1 насыщается, а T_2 запирается, и отрицательное напряжение с его коллектора через резистор R_{11} поступает на базу T_3 Благодаря этому возникают колебания блокинг-генератора, вызывающие свечение $Л_1$, что соответствует состоянию 1. При разомкнутом выключателе $Вк_1$ дальнейший счет импульсов происходит в двоичной системе вплоть до прихода 16-го импульса, сбрасывающего все ячейки декады на нуль, что сопровождается появлением импульса на выходе декады.

Если же $Вк_1$ замкнут, то при поступлении на вход 8-го импульса переходит в состояние *1* ячейка *4*, затем ячейки *2* и *3* благодаря действию цепи обратной связи (детали C_9, R_{13}, $Д_6$, $Д_7$). После прихода 9-го импульса все ячейки находятся в состоянии 1 (светятся все индикаторы), а 10-й импульс сбрасывает декаду на нуль. Таким образом, при замкнутом $Вк_1$ происходит десятичный пересчет в двоично-кодированной системе 2—4—2—1. Несмотря на отсутствие в схеме усилителей импульсов обратной связи, десятичный пе-

ресчет стабилен даже при значительных изменениях питающего напряжения и температуры окружающей среды.

С целью повышения экономичности индикаторов скважность импульсов управляемого блокинг-генератора выбрана равной 100. По

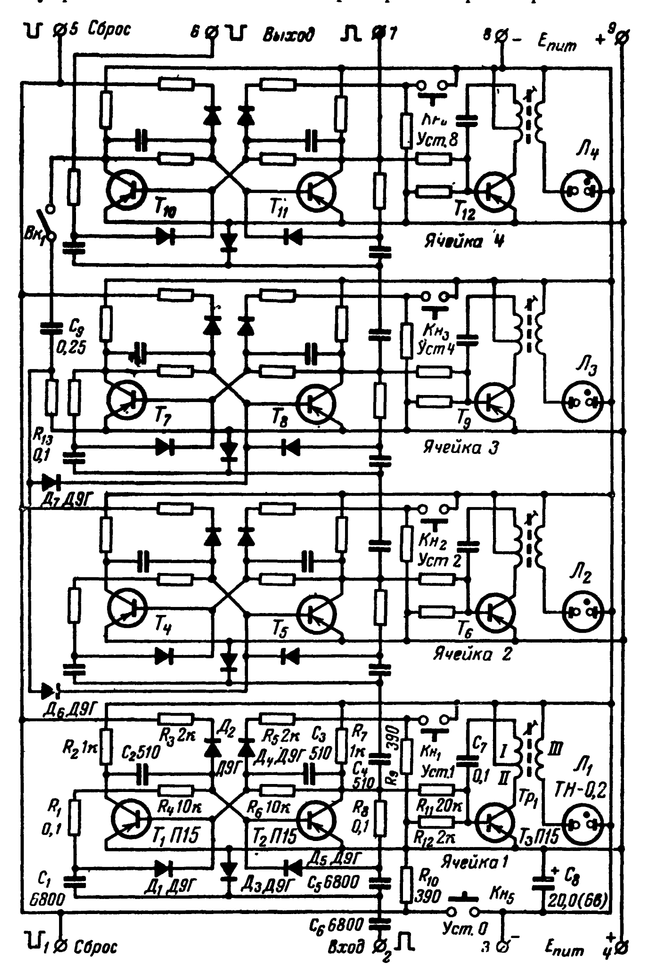


Рис. 8. Экономичная транзисторная пересчетная декада.

окончании каждого импульса в контуре, образованном индуктивностью и распределенной емкостью обмотки *III* трансформатора Tp_1, возникают затухающие радиоимпульсы с частотой повторения 2 *кгц*, благодаря чему свечение индикаторной лампы воспринимается как непрерывное. Такой режим работы индикаторной схемы позволяет увеличить ее коэффициент полезного действия за счет эф-

фективного использования энергии магнитного поля трансформатора. Яркость свечения индикаторных неоновых ламп достаточна для считывания показаний со значительного расстояния и под большим углом зрения.

Для образования счетчика требуемой емкости декады могут включаться последовательно, для чего необходимо соединить выводы *5*, *7*, *8* и *9* предыдущей декады соответственно с выводами *1*, *2*,

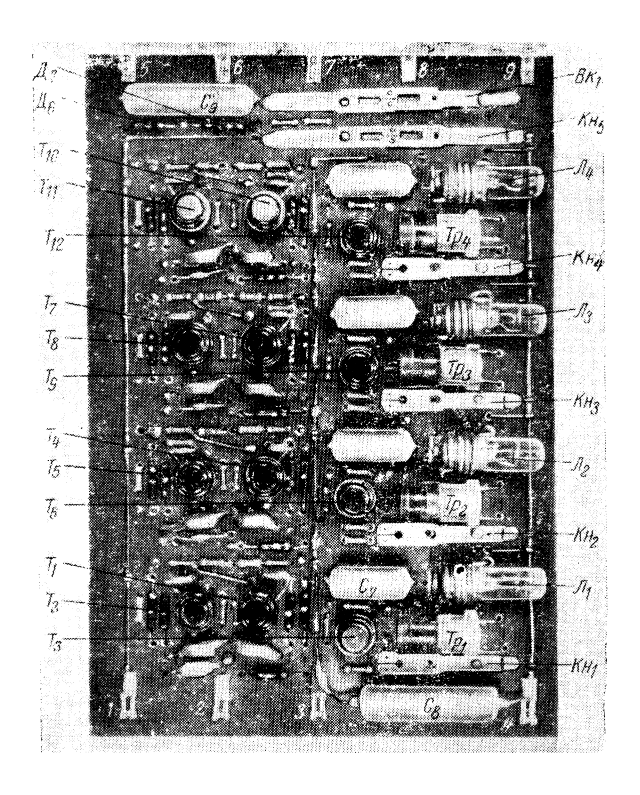


Рис. 9. Монтаж декады.

3 и *4* последующей. При таком соединении все декады питаются от общего источника тока и имеют общие цепи сброса. В декадах старших разрядов счетчика, где скорость счета невелика, применение конденсаторов C_2, C_3 необязательно.

В ряде случаев бывает необходима остановка счета или другие действия при наборе заданного числа импульсов *n* (счетчик с настроенным выходом). Для этого предусмотрена возможность предварительной установки с помощью кнопок $Кн_1$—$Кн_4$ обратного кода заданного числа, т. е. величины $N - n$, где N — максимальная ем-

кость счетчика. Если такой режим не требуется, детали $Д_4$, R_5, R_9 и кнопки $Кн_1$—$Кн_4$ могут быть удалены из схемы.

Конструкция и монтаж. Декада смонтирована на гетинаксовой плате размерами 180×135×1 *мм*, на верхней стороне которой размещены все детали, кнопки, индикаторные лампы и шины питания и сброса (рис. 9). С обратной стороны платы располагаются соединения, выполненные непересекающимися жесткими проводниками, что дает возможность перейти на печатный монтаж без какой-либо переработки монтажной схемы (рис. 10). В многоразрядном счетчи-

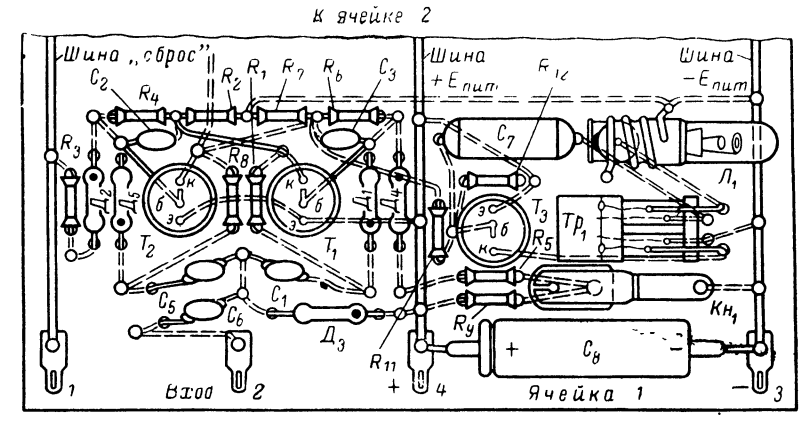


Рис. 10. Монтажная схема ячейки декады.

ке декады могут устанавливаться вплотную друг к другу с прокладкой между ними электрокартона или тонкого гетинакса, благодаря чему соответствующие индикаторные лампы и кнопки образуют горизонтальные ряды.

Детали. В декаде применены транзисторы типа П15 с коэффициентами усиления $B=30\div45$, которые можно заменить сплавными транзисторами других типов, диоды типа *Д9Г*, резисторы типа УЛМ, конденсаторы типов КДМ, КПС, МБМ и ЭМ. Трансформаторы намотаны на полистироловых каркасах, заключенных в броневые сердечники ОБ-10 марки Ф-600. Их обмотки содержат: I — 50 витков провода ПЭВ 0,12; II — 25 витков ПЭВ 0,12; III — наматывается проводом ПЭВ 0,05 до заполнения каркаса, после чего обмотки пропитываются полистирольным клеем. Затем ферритовые чашки склеиваются клеем БФ-2, и в катушку вводится сердечник марки Ф-600 диаметром 2,5 *мм*, длиной 14 *мм*, благодаря которому возрастает связь между обмотками и уменьшается рассеяние магнитого потока. В качестве индикаторов используются неоновые лампы типа ТН-0,2. Кнопки изготовлены из контактных пружин реле и приклепаны к плате пустотелыми пистонами.

Налаживание декады производится с помощью авометра, генератора прямоугольных импульсов и осциллографа, имеющего калибраторы длительности и амплитуды, например, С1-2 (25И) или С1-5А (СИ-1). Подав на схему напряжение питания и устанавливая ячейки в состояния 0 и 1 кнопками $Кн_1$—$Кн_5$, измеряют относительно

Таблица 2

Напряжение питания, *в*	Состояние ячейки	Электроды	Напряжения на электродах транзисторов			Ток ячейки, *ма*
			T_1, *в*	T_2, *в*	T_3, *в*	
2,0	0	База	—0,05	—0,2	0	2,0
		Коллектор	—1,7	—0,05	—2,0	
	1	База	—0,2	—0,05	+0,25	4,0
		Коллектор	—0,05	—1,7	—2,0	
2,5	0	База	—0,05	—0,25	0	2,5
		Коллектор	—2,1	—0,1	—2,5	
	1	База	—0,25	—0,05	+0,27	5,0
		Коллектор	—0,1	—2,1	—2,5	
3,0	0	База	—0,05	—0,25	0	3,0
		Коллектор	—2,5	—0,1	—3,0	
	1	База	—0,25	—0,05	+0,3	5,5
		Коллектор	—0,1	—2,5	—3,0	

Примечание. Режимы при промежуточных значениях напряжения питания могут быть определены интерполяцией.

шины $+E_{пит}$ режимы транзисторов, рекомендуемые значения которых приведены в табл. 2. Для установки режима транзисторов T_1, T_2 в случае разброса их коэффициентов усиления более чем на 10% может потребоваться подбор сопротивлений резисторов R_4 и R_5. Если после сброса ячейки на нуль наблюдается мерцание ее индикатора, то причиной этого является чрезмерно большой начальный ток коллектора транзистора T_3, для уменьшения которого следует уменьшить сопротивление R_{12} до 1 *ком*. Если мерцание не прекратится, необходимо заменить транзистор T_3.

Когда достигнуты надежные изменения состояний ячеек и их индикации при нажатии соответствующих кнопок, подают на вход декады импульсы с частотой повторения 1 *гц*, а затем 10—100 *гц* от генератора импульсов и наблюдают за их пересчетом по показаниям индикаторов. После этого, постепенно увеличивая частоту повторения входных импульсов, определяют, не нарушается ли пересчет на 16 или на 10, для чего необходимо измерять период повторения выходных импульсов при помощи осциллографа, подключенного к выходу декады.

На частотах порядка 2—5 *кгц* может появиться «насчет» импульсов из-за влияния колебаний блокинг-генератора на цепи триггеров. Для проверки следует с помощью осциллографа измерить амплитуду наводок на вход декады и шину $-E_{пит}$, которые не должны превышать 0,02 и 0,2 *в* соответственно В противном случае нужно увеличить емкость конденсатора C_8. «Просчет» импульсов на частотах 2—5 *кгц* устраняется подбором емкостей C_2 и C_3.

При необходимости существенного увеличения максимальной скорости счета рекомендуется применение в качестве T_1 и T_2 первых ячеек транзисторов типа *П16*, обладающих малым временем переключения.

Эксплуатация. Декады должны эксплуатироваться при температуре, не превышающей 40° С, и не подвергаться в процессе счета действию сильных электрических и магнитных переменных полей. Если избежать наводок на декады невозможно, то потребуется их экранировка, необходимая также в случае совместной работы декад с близкорасположенными высокочувствительными усилителями или приемниками, для которых излучение блокинг-генераторов может быть источником помех.

7. СЧЕТЧИК ИМПУЛЬСОВ НА ТРАНЗИСТОРАХ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИММЕТРИЕЙ

Технические данные

Коэффициент пересчета 16.

Максимальная скорость счета 15 000 *имп/сек*.

Запуск отрицательными импульсами с амплитудой 2—4 *в* и длительностью 3—7 *мксек*.

Сброс показаний нажатием кнопки или отрицательным импульсом.

Допустимая температура окружающей среды от —40 до +60° С.

Питание от батареи с напряжением 4,5 *в*.

Средняя потребляемая мощность 8 *мвт*.

Размеры 155×70×18 *мм*.

Вес 75 *г*.

Схема счетчика содержит четыре одинаковых счетных ячейки, две из которых показаны на рис. 11, а остальные идентичны им. В счетчике используются несимметричные насыщенные триггеры на

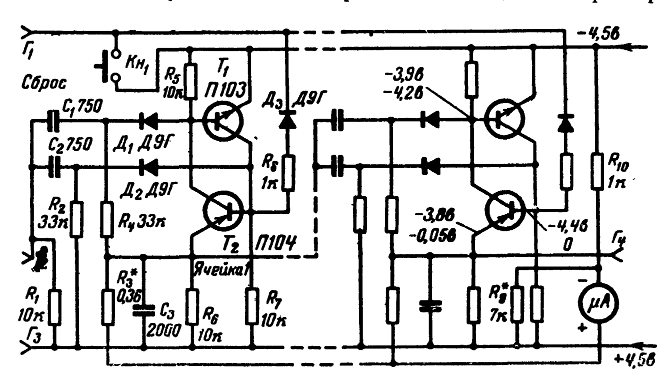


Рис. 11. Счетчик на транзисторах с дополнительной симметрией.

транзисторах с дополнительной симметрией (П103 — типа *n-p-n* и П104 — типа *p-n-p*), отличающиеся тем, что в состоянии 0 оба транзистора проводят, а в состоянии 1 оба заперты. Диоды $Д_1$, $Д_2$ обеспечивают чувствительность триггера только к отрицательным импульсам.

Перед началом счета все ячейки устанавливаются в состояние 0 нажатием кнопки $Кн_1$ или подачей отрицательного импульса на гнездо $Г_1$. При этом отрицательное напряжение, пройдя через це-

почку $Д_3R_8$, отпирает транзистор T_2, в результате чего отпирается также связанный с ним транзистор T_1 и ток транзисторов, проходя по нагрузочному резистору R_6, создает на нем падение напряжения, близкое к напряжению источника питания. Аналогично происходит сброс на нуль остальных ячеек.

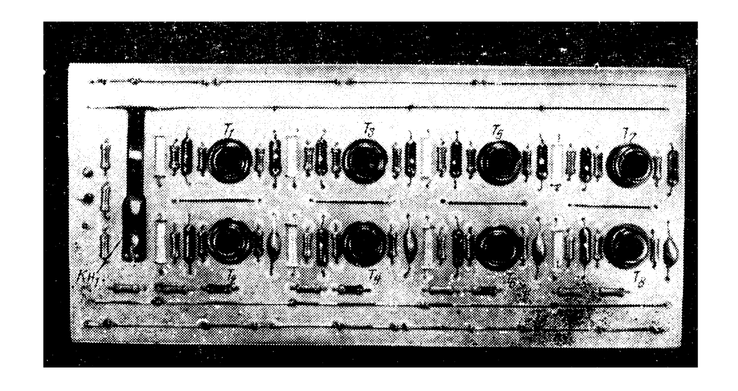


Рис. 12. Монтаж счетчика.

К нагрузке триггера через резистор R_3 (и к нагрузкам остальных триггеров — через соответствующие резисторы) присоединен один из зажимов микроамперметра, другой зажим которого соединяется с делителем напряжения R_9R_{10}, подобранным таким образом, что при состоянии 0 во всех ячейках ток микроамперметра равен нулю.

Поступающий на вход $Г_2$ счетчика отрицательный импульс запирает T_1, вслед за чем запирается и T_2 и триггер переходит в состояние 1. При этом потенциал эмиттера T_2 приближается к нулю, и через цепочку R_3R_6 начинает проходить ток, вызывающий отклонение стрелки микроамперметра. Возникающий на эмиттере T_2 положительный импульс не изменяет состояния 0 второй ячейки благодаря заградительному действию диодов на ее входе. Второй отрицательный входной импульс отпирает T_2, а затем и T_1, и первая ячейка возвращается в состояние 0, а отрицательный импульс на эмиттере T_2 переводит вторую ячейку в состояние 1. Аналогично происходит счет следующих импульсов, причем в состоянии 1 через резисторы R_3R_6 и соответствующие пары резисторов других ячеек протекают токи, обратно пропорциональные сопротивлениям этих пар. Величины резистора R_3 — 360 *ком* и соответствующих резисторов остальных ячеек (175, 82 и 36 *ком*) выбраны таким образом, что проходящие через них и регистрируемые микроамперметром токи относятся как 1 : 2 : 4 : 8, что равно отношению значений двоичных разрядов. Таким образом, в данной схеме индикация состояний и суммирование их с учетом значений разрядов осуществляется микроамперметром.

Детали. Транзистор T_1 типа П104 может быть заменен на П105 или П106, а транзистор T_2 типа П103 — на П101 или П102 с коэффи-

циентами усиления $B=10\div20$. Конденсаторы типов КТМ и КПС, резисторы — УЛМ или TESLA, причем резисторы, отмеченные на рис. 11 звездочкой, составлены из двух, соединяемых последовательно, что облегчает их подбор при налаживании. Микроамперметр на 150 *мка.*

Конструкция и монтаж. Все детали смонтированы на плате из оргстекла размерами 155×70×2 *мм* (рис. 12), с обратной стороны которой выполнены соединения голыми непересекающимися проводниками. Монтажная схема ячейки *1* показана на рис. 13, остальные ячейки выполнены аналогично. Возможно применение печатного монтажа.

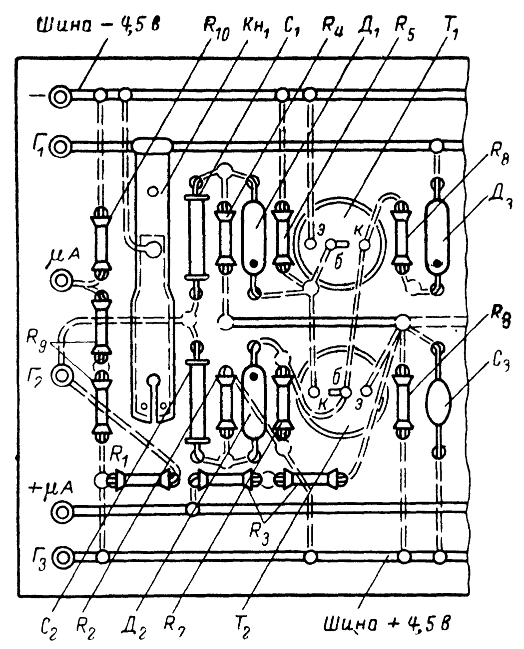


Рис. 13. Монтажная схема ячейки счетчика.

Налаживание начинают при отсоединенном микроамперметре с подбора напряжений на электродах транзисторов, величина которых относительно положительного полюса источника питания указана на рис. 11: верхнее число — для состояния 0, нижнее — для состояния 1. Затем подключают микроамперметр, сбрасывают ячейки на нуль и подбором резистора R_9 добиваются установки стрелки микроамперметра на нуль. Подав на вход один импульс, подбирают резистор R_3 так, чтобы стрелка прибора отклонялась на 10 *мка.* Подав еще один импульс, подбирают соответствующий резистор во второй ячейке до отклонения стрелки на 20 *мка.* После 4-го импульса подбирают резистор третьей ячейки до отклонения стрелки на 40 *мка* и после 8-го — четвертой — до 80 *мка.* В заключение следует удостовериться в том, что в состоянии 1 всех ячеек (после 15-го импульса)

ток микроамперметра равен 150 *мка*, и, следовательно, каждый входной импульс вызывает увеличение тока на 10 *мка*, что значительно упрощает отсчет показаний по шкале прибора. При необходимости в схеме может быть применен менее чувствительный прибор, если уменьшить величины резисторов R_3, R_6 и соответствующих резисторов остальных ячеек, что, однако, связано с проигрышем в экономичности.

Емкость счетчика и коэффициент пересчета можно увеличить, добавляя к схеме аналогичные ячейки, что потребует применения еще одного или нескольких микроамперметров, так как один микроамперметр из-за температурной и временной нестабильности элементов схемы может обеспечить безошибочную индикацию состояний не более чем четырех ячеек.

Глава третья

СЧЕТЧИКИ ИМПУЛЬСОВ НА ПРИБОРАХ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

8. ТИРАТРОННЫЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ СЧЕТЧИКОМ

Схема. Формирователь (рис. 14) предназначен для управления электромеханическим счетчиком *ЭМС*. В исходном состоянии благодаря протеканию через резистор R_1 тока 5 *мка* на участке катод — управляющий электрод тиратрона $Л_1$ типа МТХ90 существует подготовительный разряд. При этом конденсатор C_2 заряжен до напряжения, определяемого делителем R_2R_3 и практически выбираемого на 10—15 *в* меньше напряжения зажигания тиратрона. Под воздействием положительного пускового импульса, поступающего через конденсатор C_1 на управляющий электрод, разряд между ним и катодом кратковременно усиливается, и возникает ионизация участка катод — анод, который становится проводящим. Конденсатор C_2 быстро разряжается через обмотку *ЭМС* и малое сопротивление участка катод — анод, после чего разряд прекращается. Импульс тока, прошедший через обмотку *ЭМС*, вызывает его срабатывание. Для максимального быстродействия схемы необходимо правильно выбрать соотношение между числом витков обмотки, ее сопротивлением и емкостью конденсатора C_2.

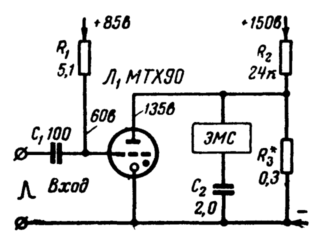


Рис. 14. Тиратронный формирователь импульсов.

Детали. В схеме формирователя применен счетчик телефонного типа, обмотка которого перемотана проводом ПЭВ 0,1 *мм* до заполнения каркаса и имеет сопротивление постоянному току 650 *ом*. Желательно выбирать тиратрон с наибольшим напряжением зажигания участка катод — анод.

Налаживание. Быстродействие формирователя достигает нескольких импульсов в секунду. Некоторого увеличения скорости срабатывания *ЭМС* можно добиться, подобрав опытным путем оптимальное натяжение его возвратной пружины. Если этого недостаточно, следует применить быстродействующий счетчик типа СБ-1м/50.

9. ТИРАТРОННЫЙ СЧЕТЧИК ИМПУЛЬСОВ

Технические данные

Емкость счетчика 1 024 импульса.

Максимальная скорость счета 500 *имп/сек.*

Запуск положительными импульсами с амплитудой $\geqslant$ 20 *в* и длительностью $\geqslant$ 10 *мксек.*

Сброс на нуль нажатием кнопки.

Контроль с помощью внутреннего генератора импульсов.

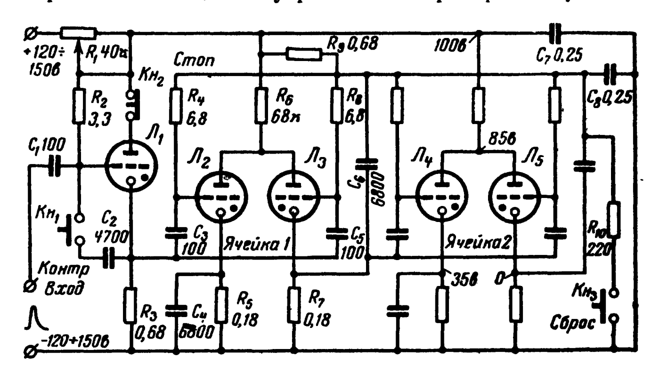


Рис. 15. Тиратронный счетчик импульсов.

Питание от источника постоянного тока с напряжением 120—150 *в*.

Потребляемая мощность не более 0,3 *вт*.

Размеры 165×100×20 *мм*.

Вес 190 *г*.

Схема. Счетчик состоит из формирователя импульсов на тиратроне $Л_1$ и десяти двоичных пересчетных ячеек на тиратронах типа МТХ90, из которых две первые ячейки изображены на рис. 15, а остальные ячейки аналогичны. После включения питания на управляющие электроды всех тиратронов через высокоомные резисторы R_2, R_4, R_8 и др. поступает напряжение с развязывающего фильтра R_9C_8, и на участках катод — управляющий электрод тиратронов возникает подготовительный разряд. На аноды тиратронов счетных ячеек напряжение подается через общий для обоих тиратронов ячейки резистор (например, R_6 в ячейке *1*), благодаря чему зажигается лишь один из тиратронов.

До начала счета ячейки должны быть установлены в состояние 0, которому соответствует зажигание правых тиратронов каждой ячейки. Для этого кратковременным нажатием кнопки сброса $Кн_3$ замыкают конденсатор C_8 на резистор R_{10}, причем прекращается подготовительный разряд тиратронов (кроме $Л_1$), а ранее заряженная положительно верхняя обкладка C_3 (и верхние обкладки соответствующих конденсаторов других ячеек) соединяется с минусовой шиной, вследствие чего потенциал катода $Л_3$ становится отрицательным по отношению к минусовой шине. Напряжение анод — катод тиратрона $Л_3$ оказывается большим, чем $Л_2$, и поэтому после отпускания кнопки $Кн_3$ зажигается тиратрон $Л_3$, а $Л_2$ остается по-

гашенным, что и соответствует состоянию 0 ячейки *1*. Аналогичные процессы происходят при установке на нуль остальных ячеек.

Приходящие на вход счетчика положительные импульсы формируются каскадом на тиратроне $Л_1$ и с его катода поступают на точку соединения конденсаторов C_2, C_3, являющуюся счетным входом ячейки *1*. Первый импульс зажигает ранее погашенный тиратрон $Л_2$, а $Л_3$ гаснет, причем возникающий на его катоде отрицательный импульс не изменяет состояния ячейки *2*, реагирующей только на положительные импульсы. Второй импульс возвращает ячейку *1* в исходное состояние 0, и положительный импульс с катода $Л_3$ переводит ячейку *2* в состояние 1. Третий импульс вновь зажигает тиратрон $Л_2$ (ячейка *1* в состоянии 1), а состояние 1 ячейки *2* сохраняется. Таким образом происходит дальнейший счет импульсов

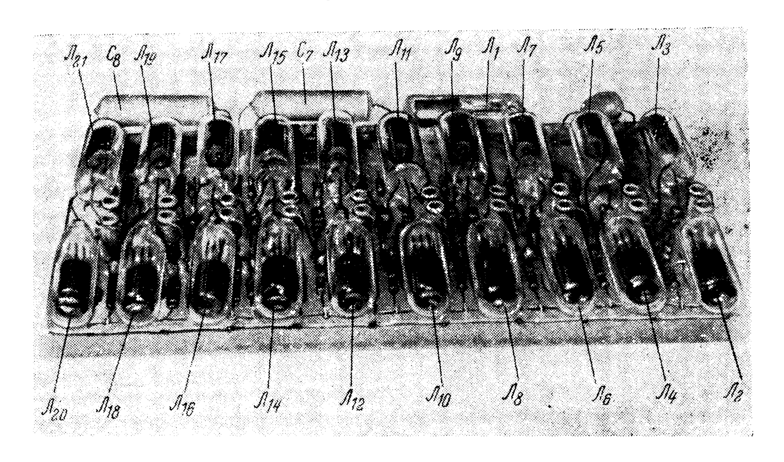


Рис. 16. Монтаж тиратронного счетчика.

в двоичной системе счисления вплоть до прихода 1023-го импульса, устанавливающего все ячейки в состояние 1, причем горят левые тиратроны всех ячеек: $Л_2$, $Л_4$, ..., $Л_{20}$. Очередной 1024-й импульс сбрасывает все ячейки на нуль.

Для остановки счета служит нормально замкнутая кнопка $Кн_2$, нажатием которой отключается питание тиратрона $Л_1$.

Контроль работоспособности счетчика производится при нажатии кнопки $Кн_1$, переводящей каскад с тиратроном $Л_1$ в режим генерирования релаксационных колебаний с частотой, определяемой постоянной времени зарядной цепи R_2C_2.

В зависимости от назначения счетчика число ячеек может быть увеличено или уменьшено, причем для увеличения емкости счетчика к выходу его последней ячейки (к катоду ее правого тиратрона) можно присоединить формирователь с электромеханическим счетчиком по схеме рис. 14.

Монтаж счетчика (рис. 16) выполнен на плате из оргстекла размерами 165×100×2 *мм*, с одной стороны которой расположены детали и тиратроны, установленные параллельно плате, а с другой —

соединения, сделанные жесткими непересекающимися проводниками. На рис. 17 изображена часть монтажной схемы (ячейки *1* и *2*), причем тиратроны $Л_2$, $Л_3$ условно удалены, чтобы показать расположение деталей ячейки *1*. Прочие ячейки смонтированы аналогично. Резистор R_1 располагается вне монтажной платы.

Детали. Высокоомные резисторы 3,3 и 6,8 *Мом* типа КОМ (можно заменить на МЛТ-0,5 с номиналами 3,3 и 5,1 *Мом*), остальные резисторы типа УЛМ или TESLA. Конденсаторы типов КТК, КДС, КПС и МБМ. Кнопки изготовлены из контактных пружин от реле. Не бывшие в употреблении тиратроны перед установкой в схему необходимо тренировать током 1—2 *ма*. Для этого соединяют аноды и управляющие электроды всех тиратронов с положительным полюсом какого-либо выпрямителя на 200—250 *в*, а катоды через резисторы по 0,1 *Мом* — с отрицательным. После нескольких десятков часов тренировки тиратроны в дальнейшем работают достаточно стабильно.

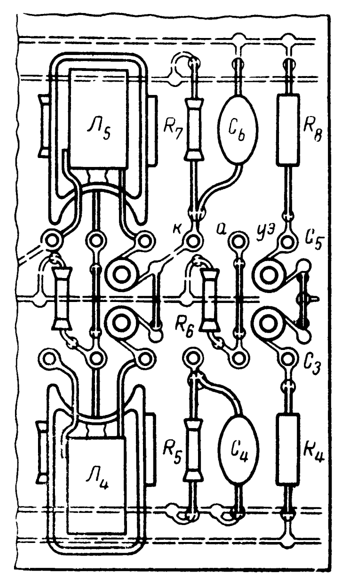


Рис. 17. Монтажная схема тиратронного счетчика.

Налаживание заключается в попарном подборе тиратронов каждой ячейки, так чтобы ее работоспособность, контролируемая с помощью внутреннего генератора, сохранялась в возможно большем диапазоне изменения резистором R_1 напряжения на конденсаторе C_7 (по крайней мере от 100 до 110 *в*). Затем устанавливается среднее значение этого напряжения. После тренировки тиратронов может оказаться, что некоторые из них имеют более высокое напряжение зажигания, чем остальные, и поэтому неустойчиво работают в паре с другими тиратронами. Такие экземпляры при невозможности их замены следует использовать в последних ячейках счетчика, где скорость переключения триггеров минимальна.

Примерные значения напряжений на электродах тиратронов относительно минусовой шины показаны на рис. 15, причем напряжение на катоде 35 *в* соответствует горящему тиратрону, а 0 — погашенному.

Эксплуатация счетчика должна производиться при таком напряжении на конденсаторе C_7, которое было определено как оптимальное во время налаживания. Обычно это возможно без измерения напряжения вольтметром, если резистор R_1 снабжен шкалой с делениями. Перед началом измерений определяют крайние положения ручки резистора R_1, при которых еще не происходит нарушений работы счетчика, и производят измерения при среднем положении ручки R_1.

Во время работы счетчика тиратроны не должны освещаться прямым ярким светом, так как под его действием возможно измене-

ние параметров тиратронов и нарушение нормальной работы счетчика.

Тиратроны МТХ90 чувствительны к наводкам, поэтому в случае расположения счетчика в зоне действия сильных переменных электрических полей его необходимо экранировать и подавать входной сигнал посредством коаксиального кабеля, оплетка которого должна заземляться.

10. СЧЕТЧИК ИМПУЛЬСОВ НА ДЕКАТРОНАХ И ТИРАТРОНАХ

Технические данные

Емкость счетчика 10^7 импульсов.

Максимальная скорость счета $5 \cdot 10^3$ *имп/сек.*

Запуск отрицательными импульсами с амплитудой $\geqslant 50$ *в* и длительностью $\geqslant 20$ *мксек.*

Сброс показаний на нуль нажатием кнопки.

Питание от источника с напряжениями +85, +150 и +450 *в.*

Потребляемая мощность не более 1 *вт.*

Размеры 190×110×100 *мм.*

Вес 550 *г.*

Схема. Счетчик состоит из декатронной схемы, считающей единицы, десятки и сотни импульсов, и электромеханического счетчика, регистрирующего тысячи, десятки тысяч, сотни тысяч и миллионы импульсов. Существенным преимуществом счетчика является индикация показаний непосредственно в десятичной системе счисления.

Применяемый в первой ячейке счетчика (рис. 18) одноимпульсный декатрон $Л_1$ типа ОГЗ имеет дисковый анод *а*, вокруг которого по окружности располагаются 40 проволочных стержней — катодов, разделенных на четыре группы. Первая группа состоит из 10 первых подкатодов, имеющих общий вывод на цоколь лампы (*1пк* на рис. 18). Вторую группу образуют 10 вторых подкатодов (*2пк*). В третью группу входят 10 третьих подкатодов, из которых 1, 2, ..., 9 соединены вместе (*3пк*), а один — нулевой подкатод ($3пк_0$) выведен отдельно. Наконец, четвертая группа содержит 10 основных катодов, вокруг которых во время работы декатрона возникает свечение наполняющего его газа. 1, 2, ..., 9 катоды этой группы соединяются вместе (*1—9к*), а один—нулевой катод ($к_0$) — имеет отдельный вывод. Катоды чередуются в определенной последовательности: *1пк*, *2пк*, $3пк_0$ $к_0$; *1пк*, *2пк*, *3пк*, *1к*; ... *1пк*, *2пк*, *3пк*, *9к*.

Катоды *3пк*, $3пк_0$, *1—9к* и $к_0$ через резисторы R_6, R_7, R_8 соединяются с отрицательным полюсом источника питания, а *1пк* и *2пк* питаются от делителя напряжения R_1R_4. Поэтому при включении питания потенциалы *1пк* и *2пк* оказываются выше потенциалов остальных катодов на величину 25 *в*, и тлеющий разряд возникает между анодом и одним из основных катодов.

Перед началом счета необходимо сбросить показания декатрона на нуль, т. е. установить разряд на нулевой катод $к_0$. Для этого кратковременным нажатием нормально замкнутой кнопки $Кн_1$ отключают резистор R_4 от отрицательного полюса источника питания, в результате чего напряжения на *1пк*, *2пк*, *3пк* и *1—9к* приближаются к +85 *в*, а напряжения на $3пк_0$ и $к_0$ остаются близкими к нулю, что приводит к перебросу разряда на $к_0$. После отпускания кнопки положение разряда сохраняется, так как напряжение горения на промежутке $а—к_0$ значительно меньше напряжения зажигания других промежутков. Благодаря диффузии ионов из окружаю-

щей катод $к_0$ области разряда соседний подкатод *1пк* оказывается подготовленным к зажиганию.

Подлежащие счету импульсы отрицательной полярности через конденсаторы C_1 и цепь C_2R_3 поступают на подкатоды *1пк* и *2пк*, отчего напряжение, приложенное к промежутку *а—1пк*, увеличивается, и подготовленный подкатод *1пк* зажигается. Вследствие возрастания анодного тока декатрона потенциал его анода уменьшается настолько, что разряд в промежутке *а*—$к_0$ прекращается, однако

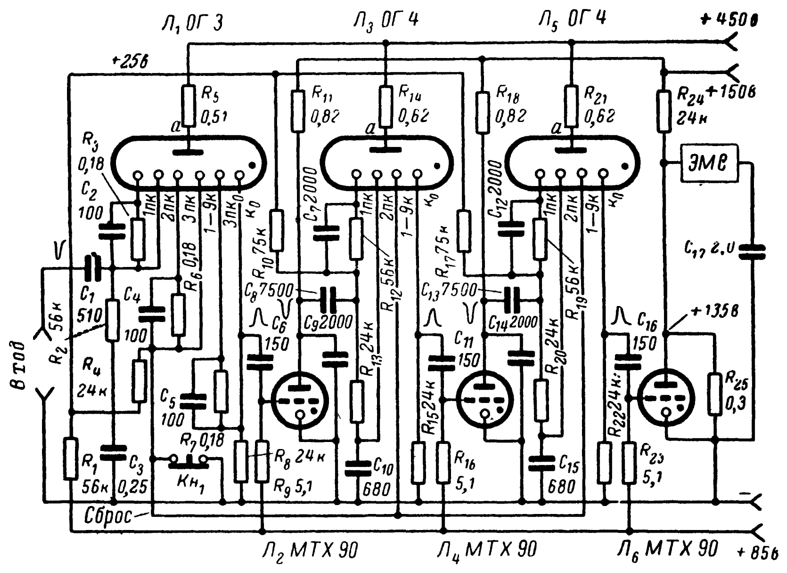


Рис. 18. Счетчик импульсов на декатронах и тиратронах.

по мере заряда конденсатора C_2 током подкатода *1пк* анодный ток уменьшается и потенциал анода восстанавливается. Импульс запуска, продолжающий действовать на вторые подкатоды *2пк*, зажигает тот из них, который подготовлен к зажиганию в результате диффузии ионов из области ранее зажженного *1пк*. При зажигании *2пк* потенциал анода вновь уменьшается и подкатод *1пк* гаснет.

По окончании действия запускающего импульса *2пк* гаснет и разряд с него переходит на *3пк*, а затем на *1к*. На этом цикл передачи разряда завершается, и состояние декатрона (свечение *1к*) сохраняется до прихода следующих импульсов, которые переводят разряд на *2к*, *3к*, ... Десятый импульс переводит разряд на нулевой катод $к_0$, нагруженный резистором R_8, с которого при зажигании $к_0$ через конденсатор C_3 снимается положительный импульс, служащий для запуска следующей ячейки.

На входе второй ячейки имеется формирователь-инвертор на тиратроне $Л_2$ типа МТХ90, который изменяет полярность импульса на отрицательную и повышает его амплитуду до уровня, необходимого для запуска двухимпульсного декатрона $Л_3$ типа ОГ4, считающего десятки импульсов. Двухимпульсный декатрон содержит лишь

три группы катодов: 10 первых подкатодов *1пк*, 10 вторых подкатодов *2пк* и 10 основных катодов, из которых 1, 2, ..., 9 соединены вместе (*1—9к*), а нулевой катод ($к_0$) выведен на отдельный штырек цоколя. Процесс переноса разряда в двухимпульсном декатроне несколько отличается от рассмотренного выше. Отрицательный импульс, снимаемый с анода $Л_2$ через конденсатор C_8, с помощью цепей $R_{12}C_7$ и $R_{13}C_{10}$ расщепляется на два отрицательных импульса, которые со сдвигом во времени подаются на *1пк* и *2пк* декатрона $Л_3$, чем и обеспечивается необходимая очередность зажигания подкатодов.

Устройство и схема включения двухимпульсного декатрона проще, чем одноимпульсного, однако максимальная скорость счета меньше. Поэтому в первой ячейке применяется одноимпульсный декатрон, а в последующих — двухимпульсные.

С нулевого катода $Л_3$ импульсы поступают на третью ячейку, собранную на лампах $Л_4$, $Л_5$, аналогично второй.

С выхода третьей ячейки положительные импульсы подаются на вход формирователя (описанного в § 8 этой главы), который управляет четырехразрядным электромеханическим счетчиком *ЭМС*.

Детали. В счетчике применены резисторы типа ВС-0,25, которые можно заменить на МЛТ-0,5, конденсаторы — типов КДМ, КПС, КТК, МБМ и МБГО. Обмотка *ЭМС* перемотана проводом ПЭВ 0,1 *мм* и имеет сопротивление постоянному току 650 *ом*. Тиратроны МТХ90 перед установкой в схему необходимо тренировать током 1—2 *ма*, как описано в § 9 этой главы. После тренировки напряжение зажигания участка катод — анод тиратронов должно быть не менее 150 *в*.

Монтаж счетчика выполнен на гетинаксовой плате размерами 195×116×2 *мм*. С одной стороны платы установлены декатроны, тиратроны, мелкие детали и шины питания и сброса, расположение которых показано на рис. 19, а с другой стороны — непересекающиеся соединительные проводники и разъем питания, в качестве которого используется панелька ПЛК-7. Этот же разъем служит и для присоединения к схеме кнопки сброса $Кн_1$, которая располагается вне платы и может быть удалена от нее на значительное расстояние. Конденсатор C_1 также размещается за пределами платы. Панельки декатронов должны быть ориентированы так, как показано на рис. 19. Электромеханический счетчик утоплен в прямоугольное отверстие в плате так, что его окно находится на таком же удалении от нее, как и куполы баллонов декатронов (рис. 20). При установке счетчика в корпусе в нем должны быть сделаны прямоугольное отверстие для *ЭМС* и три отверстия диаметром 35 *мм* для куполов декатронов, вокруг которых против катодов следует нанести по окружности цифры 0, 1, ... 9, служащие для отсчета показаний счетчика.

Налаживание лучше производить с помощью генератора импульсов, а при отсутствии его — с тем источником импульсов, для работы с которым предназначен счетчик. В описываемом счетчике с целью уменьшения требуемой амплитуды запускающих импульсов установлено напряжение смещения подкатодов +25 *в*, несколько меньшее рекомендуемого справочными таблицами. Опыт показал, что в данном режиме при длительностях запускающих импульсов не менее 20 *мксек* достаточна амплитуда 50 *в*. В случае необходимости она может быть еще несколько уменьшена, для чего следует подобрать величину резистора R_1.

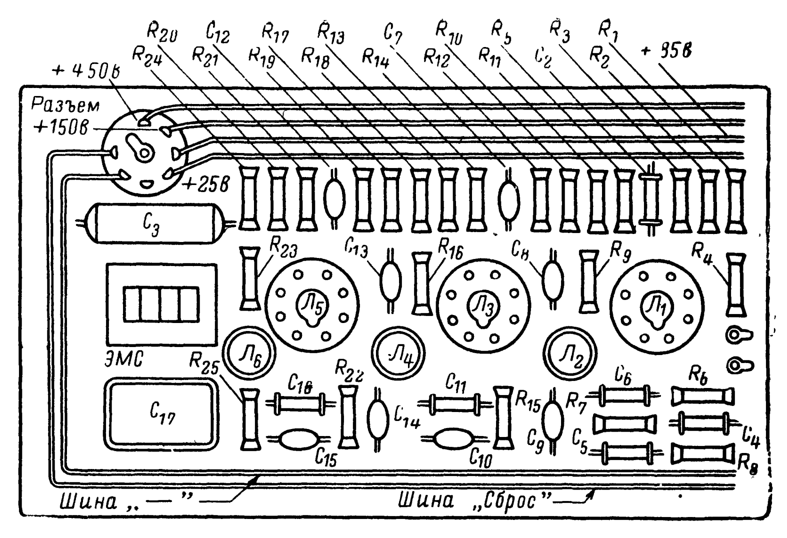


Рис. 19. Расположение деталей декатронного счетчика.

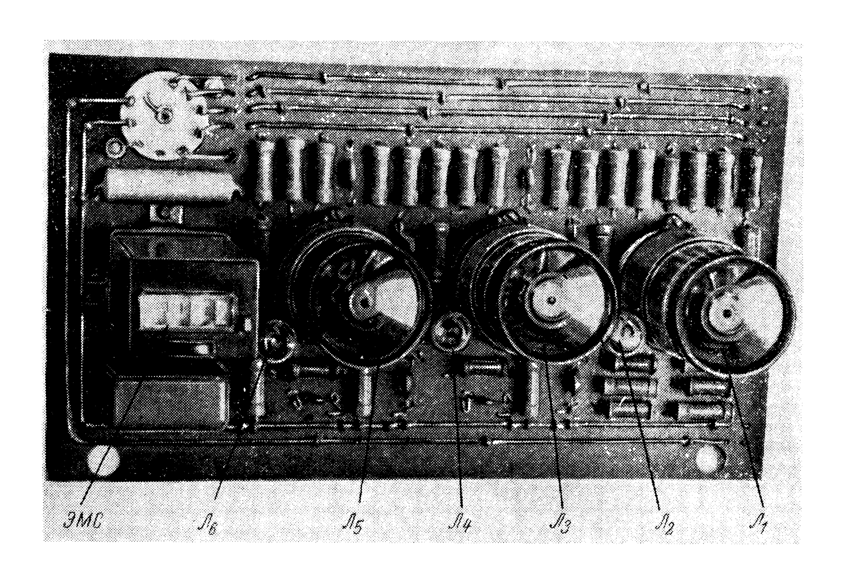


Рис. 20. Монтаж декатронного счетчика.

Добившись устойчивой работы первой ячейки, переходят к налаживанию формирователя-инвертора на тиратроне $Л_2$. Определив опытным путем минимальную емкость C_6, при которой в момент прихода разряда на нулевой катод декатрона $Л_1$ происходит вспышка тиратрона $Л_2$, увеличивают ее на 30—50% и устанавливают в схему. Затем необходимо проверить, при каждой ли вспышке $Л_2$ происходит перенос разряда в декатроне $Л_3$. В некоторых случаях для обеспечения переноса может потребоваться подбор емкостей C_7 и C_{10} в пределах 680—2 000 *пф*. Аналогично производится налаживание третьей ячейки (лампы $Л_4$ и $Л_5$).

Формирователь и *ЭМС* не требуют особой регулировки, за исключением возвратной пружины *ЭМС*, оптимальное натяжение которой зависит от его рабочего положения — вертикального или горизонтального, определяемого конструктивным оформлением прибора.

11. ПИТАНИЕ СЧЕТЧИКОВ НА ПРИБОРАХ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Описанные в настоящей главе формирователь и счетчики рассчитаны на питание от батарей. Необходимые питающие напряжения могут быть получены путем последовательного соединения батарей различных типов, из которых практически были испытаны угольно-цинковые батареи 75-АМГЦ-22ч, 87-ПМГЦ-0,15, 100-АМГЦ-у-2,0 и 330-ЭВМГЦ-1000. Для надежной работы приборов необходимо пользоваться свежими батареями, так как напряжение частично разряженных батарей может заметно уменьшаться под нагрузкой в процессе счета, что приведет к ошибкам в измерении числа импульсов.

В ряде случаев может представить практический интерес питание счетчиков с приборами тлеющего разряда от низковольтных источников тока через транзисторный преобразователь напряжения. При этом желательно стабилизировать выходное напряжение и принять меры против наводок от преобразователя на счетчик.

В стационарных условиях питание счетчиков может с успехом осуществляться от электрической сети через выпрямитель любого типа, однако в этом случае необходима стабилизация питающих напряжений по крайней мере с помощью газоразрядных стабилитронов. Например, тиратронный счетчик хорошо работает при питании от стабилитронов типа СГ1П или СГ4С. Для питания от сети декатронного счетчика потребуется последовательное соединение стабилитронов либо электронный стабилизатор, нагруженный на делитель, с которого можно снять требуемые напряжения.

Глава четвертая

ПРИБОРЫ ДЛЯ НАЛАЖИВАНИЯ СЧЕТЧИКОВ

12. ТРАНЗИСТОРНЫЙ ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ

Технические данные

1. Генератор вырабатывает остроконечные импульсы малой длительности с регулируемым периодом повторения и прямоугольные импульсы с регулируемыми периодом повторения, длительностью и амплитудой.

2. Генератор работает в следующих режимах:

а) режим самовозбуждения;

б) режим самовозбуждения с синхронизацией от внешнего источника;

в) режим формирования импульсов с запуском от внешнего источника;

г) режим деления частоты внешнего источника.

3. Параметры импульсов, генерируемых в режиме самовозбуждения.

а) форма импульсов — остроконечные и прямоугольные;

б) полярность — положительная и отрицательная;

в) период повторения — 60 фиксированных значений в шести диапазонах:

I — 10, 20, ..., 90, 100 *мксек*; II — 100, 200, ... 900, 1 000 *мксек*; III — 1, 2, ..., 9, 10 *мсек*; IV — 10, 20, ..., 90, 100 *мсек*; V — 100, 200, ..., 900, 1 000 *мсек*; VI — 1, 2, ..., 9, 10 *сек*;

г) точность установки частоты повторения: на диапазонах I—V — 5%, на диапазоне VI — 20%;

д) длительность остроконечных импульсов: отрицательных 3—4 *мксек*; положительных 4—8 *мксек*;

е) амплитуда остроконечных импульсов 4 *в*;

ж) длительность прямоугольных импульсов 100 фиксированных значений в интервале 25—25 000 *мксек*;

з) точность установки длительности прямоугольных импульсов 25%;

и) амплитуда прямоугольных импульсов 0,25, 0,5, 1, 2 и 4 *в*;

к) точность установки амплитуды 20%.

4. Параметры импульсов, генерируемых в режиме синхронизации:

а) период повторения задается внешним синхронизирующим источником;

б) синхронизация синусоидальными колебаниями или положительными импульсами с амплитудой $\geqslant 0{,}5$ *в*;

в) остальные параметры, как в п. 3.

5. Параметры импульсов, генерируемых в режиме формирования импульсов:

а) период повторения задается внешним источником импульсов;

б) запуск положительными импульсами с амплитудой $\geqslant 0{,}5$ *в*;

в) остальные параметры, как в п. 3.

6. Параметры импульсов, генерируемых в режиме деления частоты:

а) коэффициенты деления частоты внешнего источника 2, 5, 10 и 20;

б) напряжение внешнего источника — положительные импульсы с амплитудой $\geqslant 0{,}5$ *в*;

в) остальные параметры, как в п. 3.

7. Питание от внутренней батареи с напряжением 4,5 *в*.

8. Потребляемая мощность не более 45 *мвт*.

9. Размеры 175×110×80 *мм*.

10. Вес с источником питания 920 *г*.

Схема. Задающий генератор прибора (рис. 21) представляет собой блокинг-генератор на транзисторе T_1, режим работы которого устанавливается переключателем $П_2$. В верхнем положении $П_2$ генератор вырабатывает одиночные импульсы при поступлении на вход $Г_1$ запускающего импульса, который после усиления и формирова-

ния его транзистором $Т_3$ подается на базу $Т_1$. Следующие четыре положения $П_2$ служат для деления частоты внешнего источника на 2, 5, 10 и 20 в зависимости от величин резисторов R_{23}—R_{26}. Нижние шесть положений $П_2$ соответствуют работе блокинг-генератора в режимах самовозбуждения и синхронизации. Период повторения импульсов грубо определяется емкостями конденсаторов C_5—C_{10}, а более точно — сопротивлениями резисторов R_1—R_{10} или R_{12}—R_{21}, вводимых в цепь базы $Т_1$ переключателем $П_1$. При этом период повторения равен произведению числа микросекунд, соответствующих положениям переключателя $П_1$, на множитель, соответствующий положению переключателя $П_2$. Синхронизация может осуществляться подаваемым на гнезда $Г_1$ синусоидальным или импульсным напряжением, которое после усиления и формирования его транзистором $Т_3$ воздействует через конденсатор C_2 на базу транзистора $Т_1$.

При работе блокинг-генератора на коллекторе $Т_1$ возникают кратковременные импульсы, отрицательные выбросы которых отпирают нормально запертый каскад с общим коллектором на транзисторе $Т_2$. Сформированные этим каскадом остроконечные отрицательные импульсы длительностью 3—4 *мксек* поступают на гнезда $Г_2$. Для изменения полярности этих импульсов применяется каскад с общим эмиттером на транзисторе $Т_4$, с коллектора которого положительные импульсы подаются на гнезда $Г_3$. Импульсы на гнездах $Г_2$ и $Г_3$ имеют крутые фронты и более пологие спады, что позволяет использовать их для запуска различных импульсных схем, в частности счетчиков импульсов.

Для формирования прямоугольных импульсов с регулируемой длительностью в приборе применяется ждущий мультивибратор на транзисторах $Т_5$ и $Т_6$, запускаемый через диод $Д_1$ отрицательным импульсом, который снимается с эмиттера $Т_2$ и дифференцируется цепочкой $C_{18}R_{37}$. Длительность вырабатываемых ждущим мультивибратором прямоугольных импульсов зависит от емкостей конденсаторов C_{19}—C_{28} и сопротивлений резисторов R_{42}—R_{51}, устанавливаемых соответственно переключателями $П_3$ и $П_4$. Величины этих деталей подобраны таким образом, что длительность импульсов равна произведению числа микросекунд, указанного на рис. 21 для положений переключателя $П_3$, на множитель, задаваемый переключателем $П_4$. Передний фронт импульсов имеет длительность 2 *мксек*.

Положительный импульс с коллектора $Т_6$ через эмиттерный повторитель на транзисторе $Т_7$ запирает каскад с общим эмиттером на транзисторе $Т_8$, нагрузкой которого служит аттенюатор R_{58}—R_{66}. Каскад с общим эмиттером на транзисторе $Т_9$, нагруженный на аттенюатор R_{67}—R_{75}, изменяет полярность импульсов на положительную. Ослабление каждого звена аттенюатора равно 2, что позволяет получить на гнездах $Г_4$ достаточно широкий диапазон изменения амплитуд прямоугольных импульсов обеих полярностей в зависимости от положения переключателя $П_5$.

Прибор питается от батареи $Б_1$ типа КБС-Л-0,5, причем цепи транзисторов $Т_1$—$Т_3$ во избежание воздействия на них последующих каскадов развязаны с помощью фильтра $C_1R_{29}C_{13}$. Выключатель питания $Вк_1$ механически сопряжен с переключателем $П_5$.

Детали. В приборе применяется транзистор $Т_1$ типа П15, остальные — П13 с коэффициентами усиления $B=25\div35$, которые можно заменить другими сплавными транзисторами, например П16. Резисторы — типа УЛМ или TESLA. Электролитические конденсаторы типа ЭМ, ЭТО или TESLA, остальные — КДМ, МБМ и ПМ. В каче-

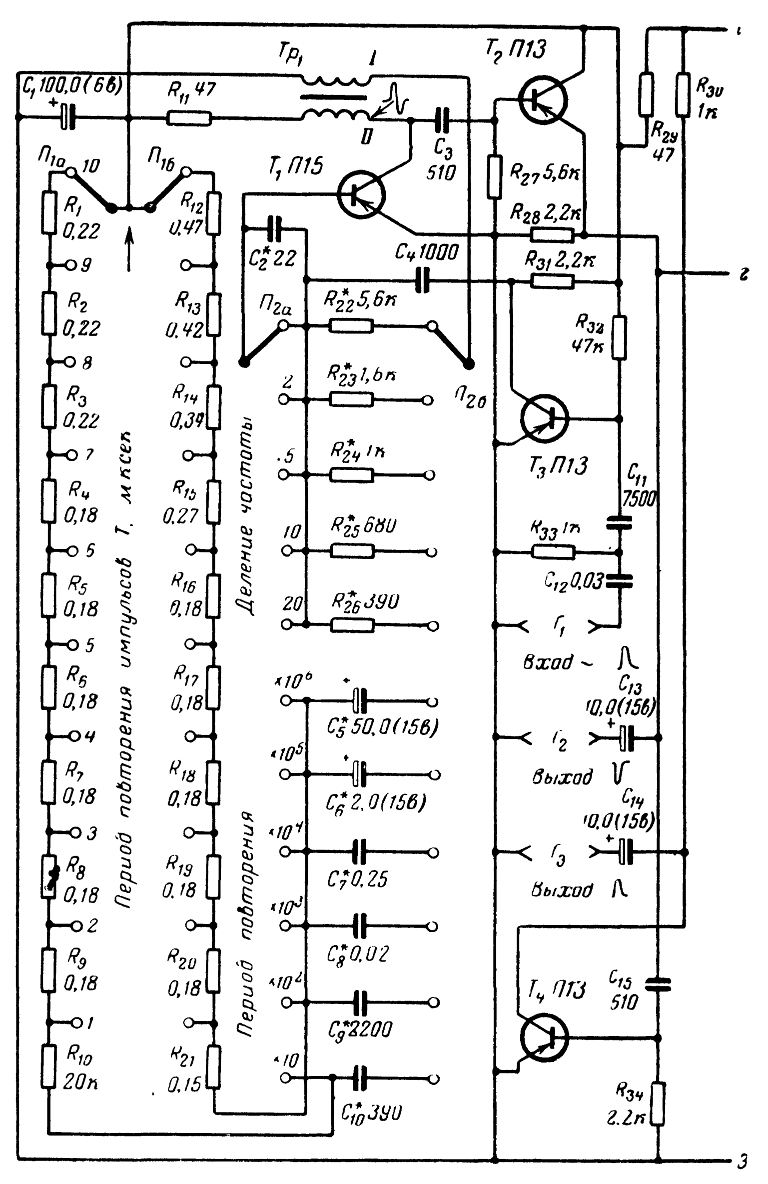
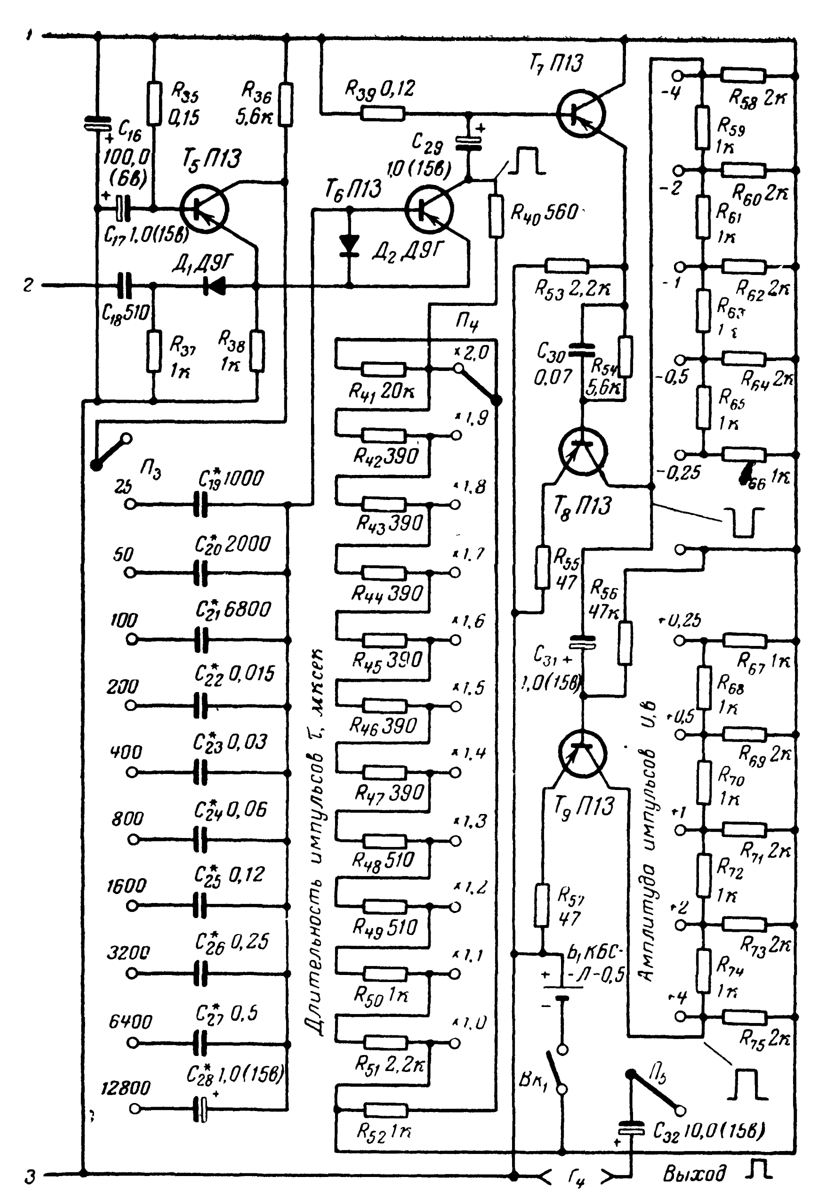


Рис. 21. Транзисторный



генератор импульсов.

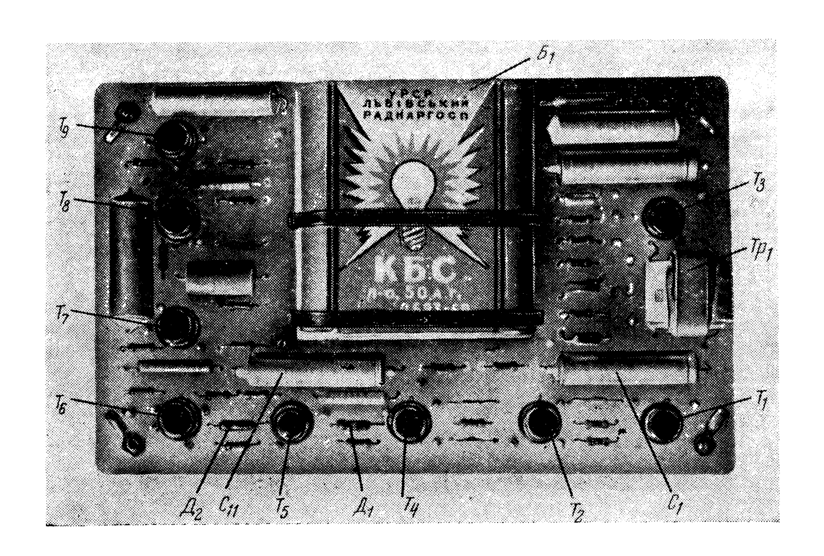


Рис. 22. Монтаж транзисторного генератора.

стве $Тр_1$ использован строчный блокинг-трансформатор от телевизора «Рекорд»; сердечник — 6 пластин ленты 50×10×0,1 *мм* из стали Э-44; обмотки — по 150 витков провода ПЭЛ 0,2 *мм*. Возможно самостоятельное изготовление $Тр_1$ на сердечнике сечением 0,5—1 *см*^{2}, обмотки по 100—150 витков ПЭЛ 0,2 *мм*. Переключатели $П_1$—$П_5$ переделаны из переключателей на пять положений.

Монтаж (рис. 22) выполнен на двух платах, одна из которых изготовлена из оргстекла (пригоден также гетинакс) размерами 165×105×3 *мм* и несет на себе все транзисторы, диоды, батарею и часть мелких деталей, соединенные с обратной стороны платы непересекающимися проводниками. На второй плате из гетинакса размерами 175×110×3 *мм*, служащей одновременно передней панелью прибора, укреплены гнезда $Г_1$—$Г_4$ и переключатели $П_1$—$П_5$ с распаянными на них деталями R_1—R_{10}, R_{12}—R_{21}, C_2, R_{22}—R_{25}, C_5—C_{10}, C_{19}—C_{28}, R_{41}—R_{52}, R_{58}—R_{75}. Шпильки, стягивающие переключатели, одновременно служат для скрепления обеих плат, а также для электрического соединения металлических деталей переключателей с положительным полюсом батареи (проводник *3* на рис. 21).

К передней панели (рис. 23) прикреплен наличник из оргстекла, прикрывающий шкалы и надписи, которые выполнены белой краской (гуашью) на черной бумаге. Прибор заключен в пластмассовый корпус, защищающий его от повреждений.

Налаживание прибора удобно производить, временно соединив монтажную плату с переключателями длинными проводниками, что позволяет свободно заменять детали, распаянные на переключателях. Напряжения на электродах транзисторов, измеренные относительно положительного полюса батареи вольтметром с входным сопротивлением 50 *ком/в* (см. § 13 этой главы), приведены в табл. 3.

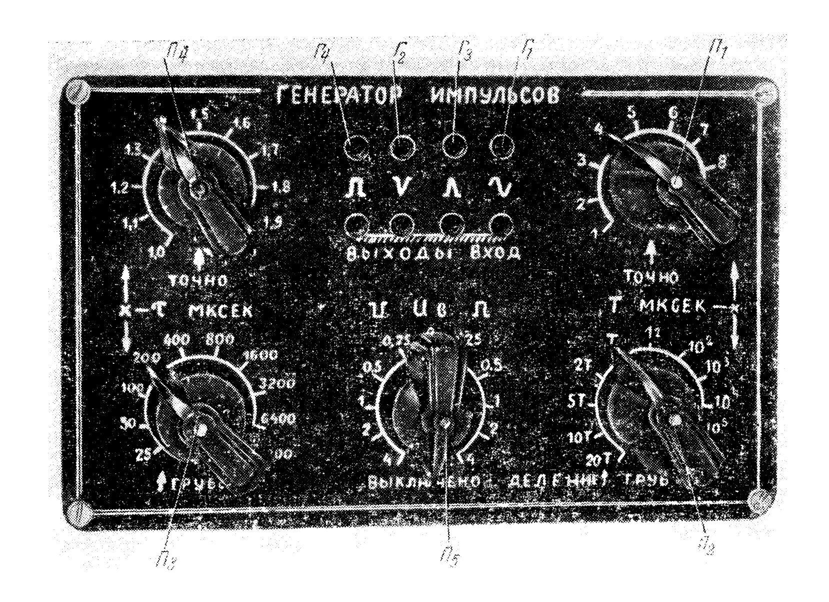


Рис. 23. Внешний вид транзисторного генератора.

Для измерения параметров импульсов в цепях прибора необходим импульсный осциллограф с калибраторами длительности и амплитуды, например С1-2 (25-И) или С1-5А (СИ-1).

Установив переключатель $П_1$ в верхнее, а $П_2$ — в нижнее (по схеме) положения, присоединяют вход осциллографа к гнездам $Г_2$ и, подбирая величину конденсатора C_{10}, устанавливают период повторения импульсов равным 100 *мксек*. Затем, переведя $П_1$ в нижнее положение, подбирают резистор R_{10} так, чтобы период повторения равнялся 10 *мксек*. Аналогично путем подбора C_5—C_9 устанавливают периоды повторения на других диапазонах. Следует иметь в виду, что для получения больших периодов повторения требуются

Таблица 3

Электроды	Напряжение на электродах транзисторов относительно положительного полюса батареи, *в*								
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9
Эмиттер	0	−0,15	0	0	−0,7	−0,7	−1,0	−0,2	−0,07
База	+0,6	+0,02	−0,2	0	−0,8	−0,7	−0,6	−0,3	+1,8
Коллектор	−4,2	−4,3	−0,1	−4,0	−1,3	−3,3	−4,5	−1,0	−3,3

Примечания: 1. Напряжения измерены в режиме самовозбуждения при генерации импульсов длительностью 25 *мксек* с периодом повторения 100 *мксек*.

2. Напряжение на базе T_1 может изменяться от +0,2 *в* до + 0.6 *в* в зависимости от периода повторения импульсов.

3. Напряжение на базе T_9 может изменяться от — 0,3 *в* при скважностях импульсов ≥ 20 до + 1,8 *в* при скважности, равной 3.

значительные емкости конденсаторов C_5 и C_6, что в свою очередь сопряжено с увеличением их токов утечки, уменьшающих период повторения. Поэтому емкости электролитических конденсаторов C_5 и C_6, указанные на рис. 21, превышают расчетные. Желательно применять в качестве C_5, C_6 конденсаторы типа ЭТО. Кроме того, транзистор T_1 должен иметь по возможности малый обратный ток. Исходя из этого, для повышения термостабильности задающего генератора можно рекомендовать применение кремниевого *p-n-p* транзистора, например, П104—П106. Этот вариант был проверен практически и дал хорошие результаты.

Далее производят настройку генератора в режимах формирования и деления частоты, для чего на гнезда $Г_1$ подают положительные импульсы, которые можно получить, например, от однополупериодного выпрямителя (без фильтра), нагруженного на делитель напряжения. Наблюдая за осциллограммами импульсов на гнездах $Г_2$ или $Г_3$, подбирают величины резисторов R_{23}—R_{25} так, чтобы коэффициенты деления частоты импульсов соответствовали указанным на схеме.

Следующим этапом является настройка ждущего мультивибратора. Присоединив вход осциллографа к эмиттеру T_7, подбирают C_{19}—C_{28} для получения длительностей импульсов, указанных на рис. 21.

В заключение проверяют форму и амплитуды импульсов на гнездах $Г_4$ при различных положениях переключателя $П_5$. Возможные искажения импульсов устраняют подбором конденсатора C_{30} и резисторов R_{55} и R_{57}.

Окончательная проверка изготовленного генератора импульсов производилась при помощи электронного частотомера с цифровым отсчетом типа Ф519. Однако прибор может быть достаточно хорошо настроен и при наличии только вольтметра и импульсного осциллографа, если придерживаться рекомендуемой последовательности налаживания.

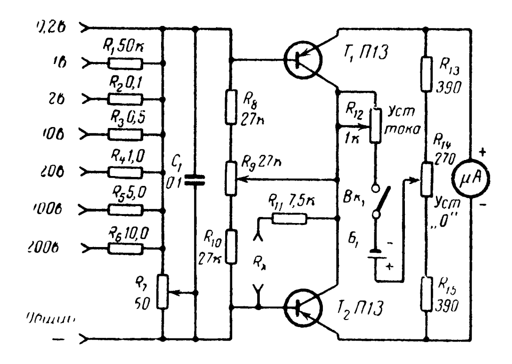


Рис. 24. Транзисторный вольтомметр.

13. ТРАНЗИСТОРНЫЙ ВОЛЬТОММЕТР

При проверке и установке режимов описанных выше счетчиков и генератора требуется измерять напряжения от сотых долей вольта до сотен вольт. Для таких измерений необходим ламповый или

транзисторный вольтметр постоянного тока с высоким входным сопротивлением.

На рис. 24 приведена проверенная длительной эксплуатацией схема транзисторного вольтомметра с входным сопротивлением 50 *ком/в*. Пределы измерения напряжений: 0,2; 1; 2; 10; 20; 100 и 200 *в*; сопротивлений: 500 *ом* — 1 *Мом*. Вольтомметр состоит из резисторов R_1—R_6, служащих добавочными сопротивлениями, балансного усилителя постоянного тока по схеме с общим коллектором и микроамперметра со шкалой на 200 *мка*. Измерение сопротивлений осуществляется за счет разбалансировки усилителя при подключении их к гнездам R_x, благодаря чему отпадает необходимость в применении дополнительного источника тока для омметра. Прибор питается от одного элемента от батареи КБС-Л-0,5 или элемента ФМЦ-0,25.

В вольтомметре могут применяться транзисторы типа П13 или другие с коэффициентами усиления $B=20\div25$, отличающимися не более чем на 10%. Переменные резисторы — типа СПО-0,5, постоянные — типа МЛТ-0,25, причем R_1—R_6 желательно подбирать из двух последовательно соединенных резисторов с 5%-ным допуском, контролируя показания прибора по образцовому вольтметру. Резисторы R_7 и R_9 служат для установки чувствительности и начальной балансировки усилителя и после налаживания прибора стопорятся. Шкала омметра градуируется по магазину сопротивлений или при помощи набора резисторов с точностью не менее 5%.

При эксплуатации вольтомметра перед началом измерений закорачивают гнезда R_x и резистором R_{12} устанавливают отклонение стрелки на всю шкалу (0 шкалы омметра). Затем, разомкнув гнезда R_x, резистором R_{14} устанавливают стрелку на нуль (∞ шкалы омметра). После этого можно производить измерения. Повторная установка нуля необходима после примерно часовой работы прибора. Увеличение дрейфа нуля является признаком истощения элемента, который при этом подлежит замене.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанные счетчики импульсов при сравнительной простоте схемного устройства и конструктивного выполнения достаточно экономичны. Если принять в качестве критерия экономичности расход мощности на единицу емкости электронной пересчетной схемы, то этот показатель равен.

для транзисторного счетчика с лампами накаливания . . . 14 *мвт*
для транзисторной пересчетной декады (при пересчете на 10) . . . . 3,5 *мвт*
для счетчика на транзисторах с дополнительной симметрией 0,5 *мвт*
для тиратронного счетчика . . . . 0,3 *мвт*
для счетчика на декатронах и тиратронах . . . . 1 *мвт*

При увеличении числа счетных ячеек расход мощности на единицу емкости счетчика быстро уменьшается, так как потребляемая мощность возрастает в арифметической прогрессии, а емкость — в геометрической. Добавление к электронным схемам электромеханических счетчиков позволяет увеличить их емкость и сохранять результат счета при отключении источника питания.

Указанные достоинства описываемых приборов дают основания рекомендовать их радиолюбителям для применения в экономичной и переносной аппаратуре.

Предлагаемые схемные и конструктивные решения не претендуют на окончательную завершенность и во многом могут быть улучшены при конструктивном сопряжении счетчиков с другими устройствами. Возможности улучшения электрических характеристик схем, в том числе и экономичности, также далеко не исчерпаны и могут быть реализованы при их дальнейшем совершенствовании.

Использование положительных качеств описанных приборов в сочетании с критической оценкой и творческим стремлением к усовершенствованию должны содействовать читателю в его конструкторской деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

Голышев Л. К., Электронные цифровые вычислительные машины, изд-во «Техніка», Киев, 1965, стр. 123—133, 162—171.

Гусев В. В., Формирование импульсов, Воениздат, 1958, стр. 3—7.

Терещук Р. М. и др., Справочник радиолюбителя, издание 5-е, изд-во «Техніка», Киев, 1965, стр. 587—588, 643—652.

Хесин А. Я., Импульсная техника, изд-во «Энергия», (МРБ, вып. 575), 1965, стр. 6—12, 100—119.

Азарх С. Х. и Фрид Е. А., Микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры, Госэнергоиздат, (МРБ, вып. 490), М.—Л., 1963, стр. 55—60.

Будинский Я., Транзисторные переключающие схемы, пер. с чешск., изд-во «Связь», 1965, стр. 326—348, 351—358, 361—364.

Горн Л. С. и Хазанов Б. И., Регистраторы интенсивности излучений, Атомиздат, 1965, стр. 33—43, 62—71, 108—124.

Мартынов Е. М., Бесконтактные переключающие устройства, Госэнергоиздат, (МРБ, вып. 397), М.—Л., 1961, стр. 29—36, 50—55.

Шварц С., Полупроводниковые схемы, пер. с англ., Изд-во иностр. лит., 1962, стр. 214—217, 233—235, 290—291.

Ваганов А., Счетчик радиоактивных частиц, «Радио», 1956, № 5, стр. 33—34.

Карасев Г., Декатроны, «Радио», 1962, № 2, стр. 37—40.

Кораблев Л. Н., Лампы с холодным катодом, Изд-во АН СССР, 1961, стр. 17—21, 86—93, 104—110.

Липкин В. М., Декатроны и их применение, Госэнергоиздат (МРБ, вып. 359), М.—Л., 1960, стр. 5—12, 27—61.

Маркус Дж., Схемы электронной автоматики, пер. с англ., Изд-во иностр. лит., 1962, стр. 106—109.

Грибанов Ю. И., Измерение напряжений в высокоомных цепях, Госэнергоиздат (МРБ, вып. 429), М.—Л., 1961, стр. 14—20.

Капустин И., Авометр на полупроводниковых триодах, «Радио», 1959, № 10, стр. 55—57.

Карролл Дж., Электронные схемы на полупроводниковых триодах, пер. с англ. Изд-во иностр. лит., 1959, стр. 47—48.

Яковлев В. Н., Импульсные генераторы на транзисторах, Гостехиздат УССР, Киев, 1963, стр. 165—167, 181—182.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 13 коп.